CURSO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA (I)

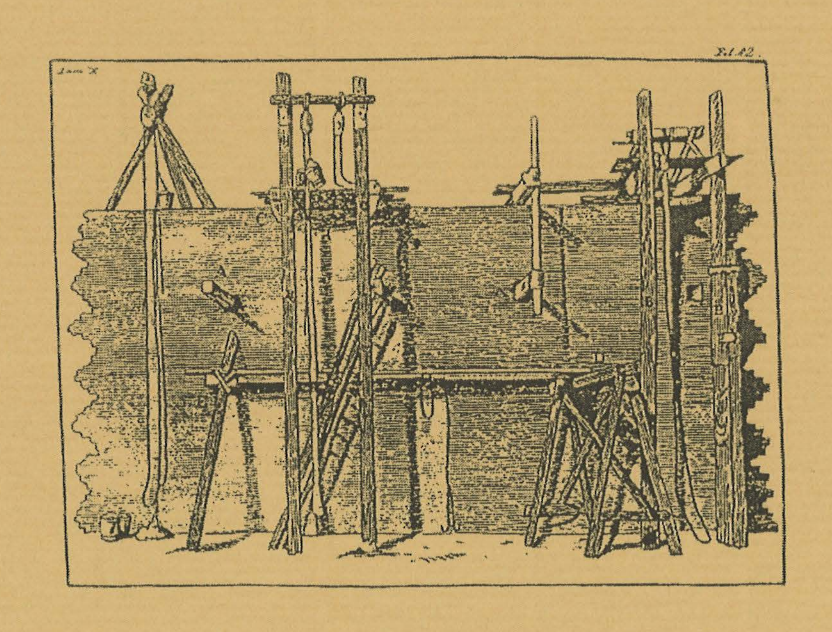
TÉCNICAS Y SISTEMAS TRADICIONALES

por

LUIS MALDONADO RAMOS

FERNANDO VELA COSSÍO

[2-26-01]



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

CURSO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA (I)

TÉCNICAS Y SISTEMAS TRADICIONALES

por

LUIS MALDONADO RAMOS

FERNANDO VELA COSSÍO

[2-26-01]

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA

0 VARIOS
1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN

NUEVA NUMERACIÓN

2 Área
26 Autor
01 Ordinal de cuadernos (del autor)

Curso de Construcción con Tierra
Técnicas y sistemas tradicionales

Luis Maldonado Ramos
Fernando Vela Cossío

Han colaborado en la presente edición:

María José Lavilla Campo
Almudena López
Marta Martín Cabrero
Luis de Sobrón Martínez

Curso de construcción con tierra I.
Técnicas y sistemas tradicionales.

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
CUADERNO 51.01 / 2-26-01
ISBN: 84-89977-84-4 (obra completa)
ISBN: 84-89977-82-8 (Técnicas y sistemas tradicionales)
Depósito Legal: M-20957-1999

EL ESTUDIO DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA

En los últimos años se ha venido configurando un panorama de creciente interés técnico y científico acerca de los sistemas de construcción con tierra como consecuencia de la apreciación de sus valores, tanto en lo relativo a la tradición como por sus posibilidades en el ámbito de la autoconstrucción, los sistemas de aprovechamiento energético, la arquitectura bioclimática, la ecoconstrucción, la bioconstrucción y las políticas de protección medioambiental y de desarrollo sostenible. La existencia de diversas organizaciones, tanto públicas como privadas, implicadas en el desarrollo de proyectos de investigación, aplicación y difusión de estos sistemas de construcción con tierra en España y en otros países europeos, como Craterre, Habiterra, Géinos, CIAT, viene a poner de relieve la proyección que puede llegar a tener el empleo de los mismos.

Desde la óptica europea, y en general de los países desarrollados, el interés del estudio de las técnicas y sistemas tradicionales de construcción con tierra, reside fundamentalmente en la necesidad de conservar y conocer el patrimonio arquitectónico, ya histórico-artístico, ya popular y vernáculo, así como en la posibilidad de desarrollar nuevas técnicas que transfieran un valor adicional a construcciones de nueva planta con relación al ámbito, ya señalado, de la ecoconstrucción.

Para los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, en especial del continente Africano e Hispanoamérica, el trabajo de investigación y desarrollo de los sistemas de construcción con tierra supone la mejora de los que en la actualidad se emplean de forma corriente. Es en este ámbito donde los avances científicos y tecnológicos que puedan llegar a obtenerse tendrían una aplicación más directa y rentable socialmente.

El caso de la Península Ibérica es particularmente interesante en este marco; en primer lugar por la vinculación de España y Portugal con Iberoamérica y Africa, lo que supone de por sí un objetivo en el campo de la cooperación para la aplicación directa de los rendimientos científicos y técnicos obtenidos. En segundo lugar, la existencia de un abundantísimo patrimonio arquitectónico (tanto histórico y artístico como popular) construido con tierra, nos obliga a establecer, en el marco de la política de conservación y restauración de bienes culturales, los procedimientos y las herramientas de intervención adecuadas que permitan afrontar, de manera compatible y duradera, los proyectos de rehabilitación arquitectónica.

Por otra parte, la existencia en la actualidad de nuevos materiales y procesos tecnológicos permite ampliar el campo de actuación a aquellas propuestas que supongan el desarrollo de procedimientos que combinen técnicas tradicionales y modernas, con el objeto de obtener resultados más rentables, constructiva y socialmente. El valor añadido que transfieren las características de estas técnicas y sistemas a las edificaciones en las que se em-

plean contribuye a explicar el crecimiento de la demanda que en sociedades desarrolladas se viene produciendo de las mismas, en contraste con la apreciación negativa que se percibe en las sociedades industriales hasta la crisi energética de mediados de los setenta.

Este cuaderno, que tiene la vocación de ser el primero de una serie dedicada por entero a los sistemas y técnicas de construcción con tierra, pretende servir de texto de referencia al *Curso de Construcción con Tierra* que desde el año académico 1995-96 viene desarrollándose como uno de los grupos de prácticas de la asignatura de construcción de sexto curso en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, bajo la dirección del prof. Maldonado. La mayor parte de los ejemplos que ilustran este libro proceden de las provincias de Madrid y Segovia, provincias que hemos tenido ocasión de estudiar en los cursos académicos 1996-97 y 1997-98 respectivamente. Asimismo se hace mención de algún ejemplo de las provincias de Burgos y Soria pero realmente la geografía de la arquitectura construida con tierra en España es mucho más amplia y supera con creces la Meseta Central. Se encuentran en preparación tres cuadernos más, dedicados al vocabulario de construcción tradicional con tierra, a las técnicas actuales de construcción con tierra y a la patología e intervención en fábricas de tierra.

LA TIERRA, MATERIAL DE CONSTRUCCION

Los materiales que solemos ver empleados en las construcciones tradicionales son la piedra, la madera y la tierra. El uso predominante de uno de ellos responde normalmente a las condiciones geográficas, con especial incidencia de las climatológicas, litológicas y edafológicas. Podemos generalizar que el uso de la madera corresponde a países de clima más húmedo (Europa central y oriental, Europa Atlántica, etc) y la tierra corresponde a países de clima más seco (Europa Mediterránea). La piedra constituye un material común a ambas zonas, empleándose en multitud de regiones europeas de manera complementaria tanto con la madera como con la tierra (Lange 1989). Esta división se manifiesta de forma algo distinta en el continente americano, donde las áreas colonizadas por poblaciones procedentes de la Europa húmeda han mantenido la tradición de construir con madera, mientras que las procedentes de la Europa mediterránea llevaron consigo sus técnicas de construcción con tierra. Esto explica el porque en áreas de clima seco en Norteamérica se utilizan sistemas de construcción con madera en vivienda unifamiliar, mientras en áreas húmedas de América Central y del Sur utilizan la tierra de manera corriente.

La utilización de la tierra surge de la

disponibilidad inmediata del material a pié de obra, necesitando muy poca preparación previa la materia prima. Con pocos conocimientos técnicos y un utillaje elemental se pueden llevar a cabo correctamente sistemas de construcción con tierra. Estas circunstancias, unidas a sus características de comportamiento térmico, han favorecido su desarrollo no sólo en el ámbito de la arquitectura popular sino también en edificaciones civiles de carácter histórico-artístico, algunas de las cuales han cumplido sobradamente los 500 años de vida, como la Alhambra. Por su carácter masivo, las edificaciones que utilizan este material, se dimensionan estructuralmente atendiendo a su estabilidad y no a la capacidad portante del material. Este factor, unido a la forma de ejecución, que requiere unos espesores mínimos considerables, explica las dimensiones de las tapias y de las fábricas de adobe. Por supuesto, en el caso de los muros armados y entramados por la incorporación de la madera como elemento resistente se atenúan los espesores tradicionales. Las características del material, en especial en su comportamiento frente a los agentes climáticos, suelen requerir un acabado, normalmente un revoco de tierra o cal. Con esta solución se obtendrá un cerramiento exterior adecuado de necesario mantenimiento periódico, como cualquier otro tipo de cerramiento. Convendría, en este sentido, ir desechando la idea de que los edificios de tierra son construcciones deleznables que se deterioran con facilidad. Nada más alejado de la realidad, pues el estado en que encontramos estas edificaciones suele obedecer más a su antigüedad y a la falta de mantenimiento que a un comportamiento inadecuado de su material de construcción.

La tierra es un material versátil y muy compatible, tanto con estructuras de madera (muros armados y entramados, forjados de madera, etc.) como de piedra (tapias mixtas, fábricas de adobe sobre muros de mampostería, etc.). Esto, unido a su excelente comportamiento técnico y su bajo coste, explica el desarrollo extraordinario de los sistemas constructivos que la utilizan, de forma tradicional, en nuestra arquitectura.

TECNICAS Y SISTEMAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA

Las técnicas y sistemas tradicionales de construcción con tierra en la Península Ibérica pueden agruparse en tres grandes ámbitos: las tapias, las fábricas, muros armados y muros entramados de adobe y los morteros y revocos de tierra. Vamos a desarrollar separadamente cada uno de estos grupos que hemos organizado en función de su técnica constructiva.

Casi todas las monografías dedicadas de manera genérica a la arquitectura popular en España y en Portugal tienen alguna mención a la construcción con tierra (Feduchi 1986/Flores 1978/García Mercadal 1981/Moutinho 1979/Veiga de Oliveira y Galhano 1994).

Existen también numerosas monografías sobre construcción con tierra (Alonso Ponga 1994/Bardou 1979/Bauluz del Río 1992/Font e Hidalgo 1991/Olcese Segarra 1993) así como estudios regionales o locales en los que se incluyen trabajos sobre técnicas y sistemas tradicionales de construcción con tierra (Alcalde Crespo 1989/ Maldonado y Vela 1996/ Maldonado, Castilla y Vela 1997).

Por último, no podemos dejar de hacer mención de obras clásicas sobre construcción en las que se hace referencia a la tierra; pueden destacarse tres: *Los diez libros de Arquitectura* de Vitrubio, *De la arquitectura civil* de Benito Vails y *El arte de la albañilería* de Juan de Villanueva.

Como es natural, existen muchos otros libros en español y en otras lenguas sobre construcción tradicional con tierra. Los aquí citados son algunos de los más conocidos y la relación que se ofrece al final de este libro tiene por objeto introducir al lector interesado en un campo del que existe bastante documentación.

LA TECNICA DEL TAPIAL

El término tapial se emplea habitualmente para definir tanto a la técnica de construcción utilizada como al elemento constructivo resultante. En un sentido estricto, debería emplearse únicamente para referirse al primer concepto, dado que el segundo sería una *tapia* propiamente dicha.

La técnica del tapial se basa en la compactación de la tierra mediante su apisonado de forma manual. Para ello se utiliza un encofrado desmontable de madera (*cajón*) compuesto por dos frentes (*puertas del tapial*), dos tableros laterales (*costeros*) y cercos de madera compuestos de piezas horizontales pasantes (*agujas*) y piezas verticales de acodalamiento (*codales o costales*) que se ajustan mediante uno o varios tensores (*garrotes*). Las puertas de tapial se suelen realizar con maderos asegurados con travesaños (*barrotes*) siendo conveniente que no encajen a tope para permitir la exudación de la tierra durante el proceso de apisonado. Las condiciones que deben cumplir los cajones son las siguientes: disponer de sección adecuada para garantizar la estabilidad y soportar los esfuerzos producidos por el apisonado,

estar ejecutados con una madera que permita su reutilización y tener las dimensiones apropiadas a la tapia resultante (entre 120 y 200 cm de longitud y entre 60 y 100 cm de altura aproximadamente). Los costeros son piezas similares a las puertas de tapial pero cuyo uso es el de cerrar lateralmente los cajones. Se emplean cuando se ejecutan los cajones de esquina, o cuando la tapia no va reforzada con elementos estructurales verticales (*machos*). Las condiciones que deben cumplir son idénticas a las de las puertas (dimensiones orientativas: entre 60 y 100 cm de altura, como las puertas, y entre 60 y 110 cm de anchura). Las agujas son piezas pasantes, generalmente recuperables, que sirven para determinar y controlar la anchura de la tapia. Las inferiores sirven para sujetar las puertas, estabilizándolas ante los esfuerzos resultantes del apisonado. Las superiores sirven además para evitar el desplome de las puertas. Cuando las agujas son de hierro se controla tanto el desplome al exterior como al interior, cuando son de madera deberá disponerse un tensor o garrote que mejore el comportamiento de estas piezas. Las agujas disponen de perforaciones para el ajuste de los costales o codales sobre las mismas. Los codales o costales son las piezas verticales que arman exteriormente el cajón. Se ajustan sobre las agujas mediante clavos o cuñas colocados en las perforaciones de aquellas.

PROCESO DE CONSTRUCCION

El proceso genérico de construcción de las tapias, con independencia de la tipología concreta de las mismas –que más tarde desarrollaremos– incluye básicamente tres estadios: montaje del cajón o encofrado, relleno y compactación del mismo, y desmontaje o desencofrado.

La construcción de la tapia se inicia con la ejecución de su cimentación, que deberá aislar la futura fábrica de la humedad del terreno y protegerla de las aguas de escorrentía, tanto de circulación como de salpiqueo. Es habitual recurrir a la construcción de una cimentación (*puntido*), que emerge unos 45 cm del umbral del terreno, ejecutada en mampostería de piedra. Para la ejecución de este puntido son necesarias unas labores previas de limpieza y desbroce del terreno, replanteo de los muros proyectados, excavación hasta terreno firme y aplicación de una capa de nivelación. Una vez hemos terminado

EL USO DE LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION		
TIERRA APISONADA	→	TAPIAS
TIERRA MOLDEADA	→	ADOBES
TIERRA AMASADA	→	MORTEROS Y REVOCOS

este puntido, se procederá al armado del cajón en el lugar elegido para la ejecución de la primera tapia. Antes de iniciar el proceso constructivo propiamente dicho, se cuidará la estabilidad de la estructura de madera, se seleccionará la tierra a emplear, cribándola. Dependiendo de la tradición constructiva del lugar variará la composición de la tierra y su granulometría. En algunas zonas se prefiere con áridos gruesos (*cascajo*) mientras en otras se eligen tierras de áridos más finos. Lo mismo ocurre con la composición de la tierra, es decir, la proporción entre arenas y arcillas, que cambia de unas regiones a otras. Con respecto al grado idóneo de humedad de la tierra empleada, existen igualmente distintos criterios según la localización regional.

El vertido de la tierra en el cajón se realiza por tongadas regulares de entre 10 y 20 cm, controlándose la humedad en cada tongada mediante la adición de agua por aspersión sobre su superficie. Estas tongadas se compactan utilizando un *pisón* de hierro o de madera, siendo el cambio del sonido producido por el pisón el que indica el grado de compactación adecuado. Algunos autores atribuyen al ruido producido por el pisón el origen de la palabra tapial (la onomatopeya *tap*). Una vez se alcanza el nivel superior del cajón se procede a desencofrar el tapial, teniendo cuidado de que al retirar los elementos de madera no se erosionen las caras de la tapia, y repitiéndose la operación de montaje, relleno y desmontaje sucesivamente hasta completar la obra prevista.

EJECUCION DE MUROS CON LA TECNICA DEL TAPIAL

1. El tapial es una técnica de construcción de muros con tierra compactada a golpes dentro de un molde de madera que se conoce con el nombre de *tapialera*. Este encofrado está formado por: dos tapas laterales, dos tapas de fondo, dos travesaños, dos tirantes y cuatro costales.

2. Los tableros laterales, de 3-5 cm de grueso, tienen unas medidas que, sin ser fijas, suelen oscilar entre 1,50-3,00 m de longitud y 0,50-1,60 m de altura, dependiendo del grosor del muro para permitir su compactación. En muros de escaso espesor no deben usarse moldes de más de 75 cm de altura ya que su apisonado se realiza desde el exterior y podrían darse problemas de compactación en el fondo. Estas tablas horizontales llevan refuerzos en forma de costillas verticales cada 50-80 cm. Su sujeción para formar el cajón del encofrado se hace por medio de unos travesaños de madera o agujas de hierro que soportan el peso de las tablas y permiten el encaje de los costales mediante cuñas. Estos cuatro costales, atirantados arriba y separados la medida que se quiera dar de grueso al muro, impiden que los tableros se abran al apisonar la tierra.

3. El cierre del lado libre del encofrado se hace con un tablero de madera llamado *tajadera* que, encajada entre los tableros laterales, impide que las tablas se junten entre sí. Sus características son semejantes a las de aquéllos. El montaje de los moldes, empezando por las esquinas, los encuentros

de paredes y los cruces puede hacerse de dos maneras: la primera consiste en montarlos sobre el zócalo ya ejecutado, abriendo huecos para las agujas y la segunda, en montarlos a ras de suelo, sin agujas, apuntalando a los lados para que no se abra el molde y levantando el zócalo dentro del cajón. En ambos casos es necesario tender cuerdas entre las esquinas para alinear perfectamente los moldes.

4. La tierra a utilizar en la construcción del tapial es la que facilita el entorno, bien limpia y carente de substancias extrañas. Debe tener arcilla, para conseguir la deseable plasticidad y cohesión y mucha gravilla como característica esencial. Se extiende una pequeña tongada de tierra suelta de 8-10 cm de altura. A veces se mezclaba con cal muerta para obtener una argamasa más fuerte y resistente.

5. En algunas ocasiones cuando la tierra carece de piedra se añade gravilla para contribuir al sostén de la pared aumentando su resistencia. Han de eliminarse las piedras cuyo tamaño sobrepase los 4 ó 5 cm.

6. Extendida la tongada de tierra y gravilla, se humedece ligeramente. Para evitar que la capa de tierra se embarre y pegue en el pisón durante el golpeteo, después de duchar la capa de tierra para humedecerla se echa una ligera capa de tierra seca.

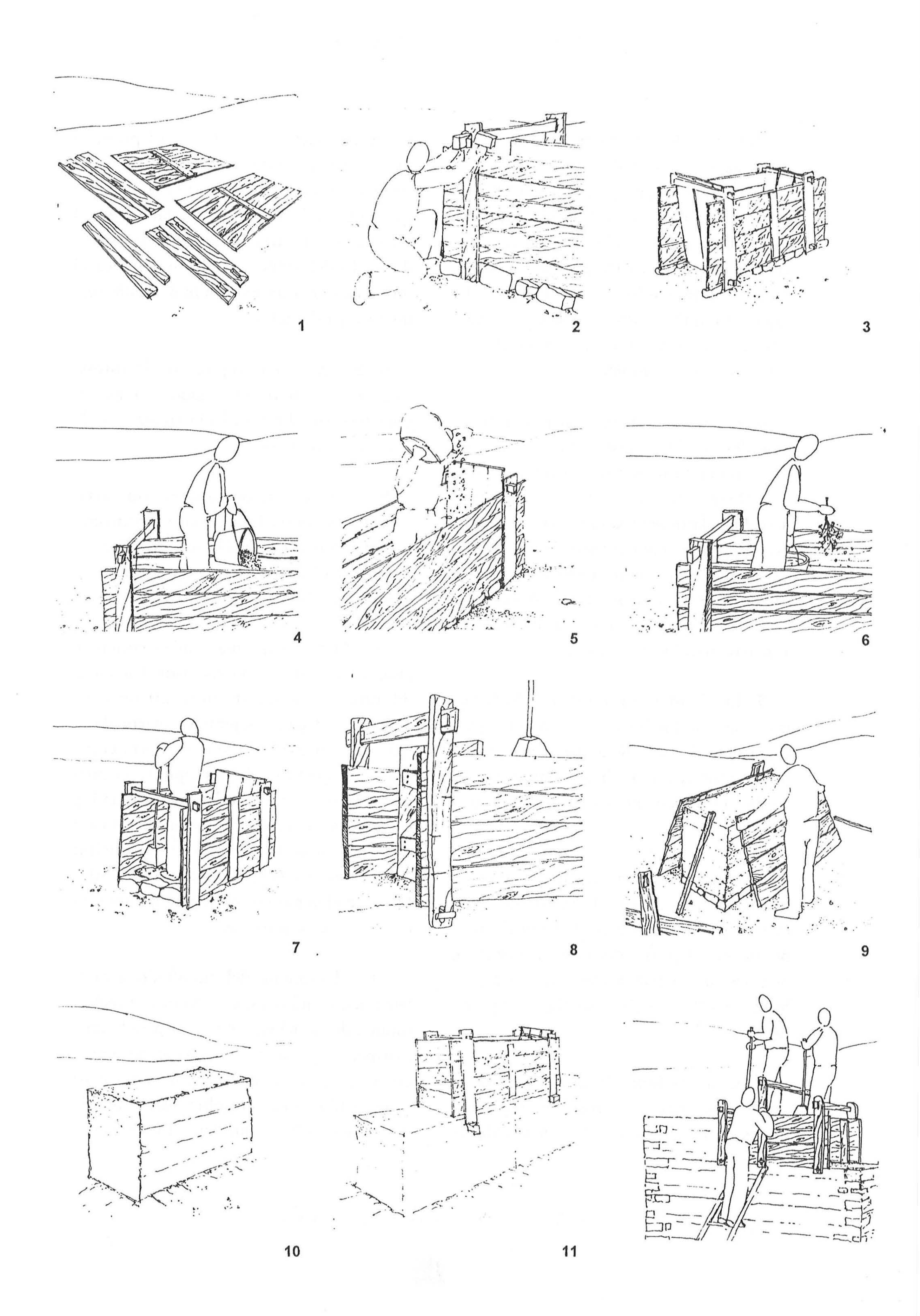
7. Una vez humedecida cada tongada de tierra se apisona, a base de golpes rítmicos de pisón, hasta dejar una masa de tierra compacta y resistente. El pisón es un bloque de madera de 6-8 Kg de peso de base redonda o cuadrada. La forma tronco piramidal permite ajustar mejor el pisón a las esquinas del encofrado. El ruido sordo del golpeteo del pisón indica el momento en que es propicio añadir una nueva capa de tierra.

8. El proceso se repite con la misma técnica: capa de tierra, regado con agua y golpeteo con el pisón, hasta enrasar con la altura del encofrado.

9. Llena la caja de madera con varias tongadas de tierra humedecida, apelmazada y terminado cada bloque de tapial se desmonta el encofrado para avanzar lateralmente en la construcción.

10. Al terminar una unidad conviene rayar en fresco su cara superior, haciendo dibujos en zig-zag de unos 20 mm. de profundidad para mejorar el agarre de la siguiente hilada. El bloque de tierra compactada expuesto a la intemperie irá progresivamente perdiendo la humedad y ganando a su vez en consistencia. En caso de lluvia debe suspenderse la ejecución del muro y cubrir la obra realizada. Durante el verano se protegerá del sol con esteras o lonas húmedas.

11. El montaje del encofrado para la fabricación del bloque continuo se realiza montando las tablas sobre una pared anteriormente ejecutada. Se colocan las agujas en unos cajeados hechos para tal efecto sobre la última hilada, sobre ellas el molde y se repite el procedimiento anterior. Los


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

bloques de cada una de las hiladas se alternan para evitar la coincidencia de juntas y garantizar una mayor solidez evitando posibles aberturas.

12. Las hiladas quedan manifiestas por los agujeros que los travesaños dejan en el muro al ser extraídos. La operación se repite hasta enrasar con la cara superior del muro, donde se alojará un elemento arriostrante.

En el caso de que haya un forjado, debe hacerse antes de proseguir con tramos superiores de muro.

En cuanto a la realización de huecos caben dos posibilidades: la primera consiste en colocar cercos de madera antes del apisonado y la segunda, en hacer jambas de ladrillo o piedra a la para que se tapia.

LOS TIPOS DE TAPIAS

Aquí se recogen las diferentes formas de construir un muro de tierra con la técnica del tapial. Todos estos tipos de tapias han sido documentados en la Comunidad Autónoma de Madrid. Para su estudio pormenorizado hemos separado estas técnicas en dos categorías básicas: tapiales monolíticos y tapiales mixtos.

• TAPIALES MONOLITICOS

Son aquellos en los que el muro funciona como un todo homogéneo y de igual resistencia. Dentro de esta categoría se encuentran variedades en función de la composición de la tierra apisonada y del tratamiento dado a la junta entre dos tapiales.

• ***Tapias ordinarias***

Técnica de construcción de tapias más sencilla en la que se vierte la tierra dentro de un tapial de madera que sirve de encofrado y posteriormente se procede a su apisonado por tongadas. La preparación de la tierra empleada consiste únicamente en su aireado y humedecido.

Tradicionalmente, entre la extracción de la tierra y su puesta en obra transcurren varios meses, para garantizar el correcto curado de la misma (preferentemente de septiembre a mayo).

• ***Tapias mejoradas***

Técnica en la que la tierra empleada se enriquece con la adición de gravas o cascotes de tamaño variable para garantizar un mejor compactado de la masa, aumentando la resistencia de la misma.

Otra forma muy corriente de mejorar la tierra es añadiendo cal. Esta técnica se conoce como *tapia real.*

• ***Tapias con refuerzos en sus caras***

Técnica en la que se mejora la fábrica de tierra mediante la colocación de distintos materiales (normalmente mampuesto de piedra) en las caras exteriores de la tapia, mejorando su comportamiento y permitiendo una mejor adherencia de los revestimientos. A diferencia de lo descrito anteriormente, estos materiales de mejora no se mezclan en la masa de tierra, sino que se disponen junto con cada tongada de tierra antes del apisonado.

Técnicas similares son aquellas en las que el careado se ejecuta con ladrillos o pelladas de cal (tapia calicastrada, tapia acerada, tapia valenciana).

• ***Tapias con juntas reforzadas rectas***

Técnica que consiste en disponer, en las juntas horizontales y verticales de la tapia refuerzos de mortero de yeso o cal, que evitan el agrietado de las juntas por efecto de la importante retracción que se produce con el secado de la tierra.

• ***Tapias con juntas reforzadas curvas (alternas)***

Técnica que consiste en solidarizar las juntas verticales y horizontales de la tapia mediante su ejecución en forma curva, a manera de bañeras, llamadas *brencas o lunetos*.

Las juntas pueden disponerse de forma alterna, como en este caso, o alineadas.

Esta solución parece emplearse para evitar el apisonado de la tierra en los rincones del tapial, donde reviste mayor dificultad el compactado de la misma.

Los tapiales con brencas son una técnica muy habitual en la Submeseta Sur, y en especial en el área meridional de la Comunidad de Madrid.

• ***Tapias de juntas reforzadas curvas (alineadas)***

Técnica que, como la anterior, consiste en solidarizar las juntas verticales y horizontales de la tapia mediante su ejecución en forma curva, a manera de bañeras, pero en la que las juntas se disponen de forma alineada

• **TAPIALES MIXTOS**

Aquellos en los que ciertas zonas del muro son más resistentes que otras, de manera que, aunque sigan funcionando como muros continuos, las cargas principales del edificio son asumidas por estas partes más resistentes. La clasificación de estos tapiales mixtos se hace en función del material que compone estas zonas mas resistentes de los muros, que de forma general pueden denominarse machones.

• ***Tapias con machones de ladrillo***

Técnica que consiste en rellenar mediante tapia el espacio comprendido entre dos machones de fabrica de ladrillo. Estos machones pueden recibir las cargas principales del sistema estructural del edificio, aunque a menudo el conjunto trabaja como un muro de carga homogéneo. De esta manera se aumenta la rigidez del muro manteniendo un bajo coste de la construcción.

Es corriente que las tapias con machones presenten las juntas horizontales reforzadas con una o varias hiladas denominadas verdugadas.

• ***Tapias con machones de adobe***

Técnica que consiste en rellenar mediante tapia el espacio comprendido entre dos machones de fabrica de adobe. Estos machones pueden recibir las cargas principales del sistema estructural del edificio, aunque a menudo el conjunto trabaja como un muro de carga homogéneo. De esta manera se aumenta la rigidez del muro manteniendo un bajo coste de la construcción. Es corriente que las tapias con machones presenten las juntas horizontales reforzadas con una o varias hiladas denominadas verdugadas.

• ***Tapias con machones de yeso***

Técnica que consiste en rellenar mediante tapia el espacio comprendido entre

dos machones de yeso, reforzado con cascotes o mampuestos. Estos machones pueden recibir las cargas principales del sistema estructural del edificio, aunque a menudo el conjunto trabaja como un muro de carga homogéneo. De esta manera se aumenta la rigidez del muro manteniendo un bajo coste de la construcción.

• ***Tapias con rafas***

Técnica que resulta de combinar la anterior (tapial con machones de yeso), con el tapial de brencas o lunetos, dando lugar a la aparición de machones curvilíneos denominados rafas. En ocasiones la apariencia de las tapias con brencas alineadas y las tapias con rafas es muy semejante, aunque estructuralmente presentan un funcionamiento muy distinto.

• ***Tapias con entramado de madera***

Técnica poco corriente en la que la tapia cumple fundamentalmente función de cerramiento, siendo el entramado de madera la estructura que asume las cargas de la edificación. Se emplea sobre todo en medianerías y sobrados.

Está directamente relacionado con los sistemas de entramado de madera con plementería de adobe o ladrillo, muy corrientes en otras zonas de la Comunidad de Madrid y de la Meseta Norte.

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Vistos los principales tipos de tapias que hemos podido detectar en la Comunidad Autónoma de Madrid nos ha parecido oportuno incluir en este libro un análisis muy breve, aunque detallado, de las soluciones empleadas en ciertos lugares de las construcciones de tierra que presentan algún grado de interés (Maldonado et al. 1997). Algunas de estas soluciones son propiamente específicas de las edificaciones construidas con tierra, aunque observamos otras que se repiten de forma general en lo que podríamos llamar arquitectura tradicional, con independencia del material de construcción utilizado. De la correcta ejecución de estos elementos constructivos depende muchas veces la buena conservación de los muros de tierra, por lo que el estudio detallado de sus soluciones habrá de ser considerada obligación de primera importancia para el investigador.

CIMENTACIONES Y ZOCALOS

El sistema estructural más habitual en las construcciones de tierra es el de muros de carga. Siguiendo con este esquema, las cimentaciones son en todos los casos muretes bajo estos muros. El espesor de los cimientos es el del propio muro de tierra o algo más, oscilando entre 60 y 80 cm. Estos muretes se construyen casi siempre con mampostería, en seco, recibida con mortero de cal o con la misma tierra que forma el resto del muro. A los mampuestos que componen el muro se le añaden a veces cascotes, trozos de teja o de ladrillo. Los muretes de cimentación habitualmente se levantan por encima del suelo a modo de sobrecimiento o zócalo. Los zócalos son un elemento fundamental en los muros de tierra, protegiendo el muro de las humedades de capilaridad. La altura del zócalo oscila normalmente entre 0,5 y 1

TIPOS DE TAPIAS

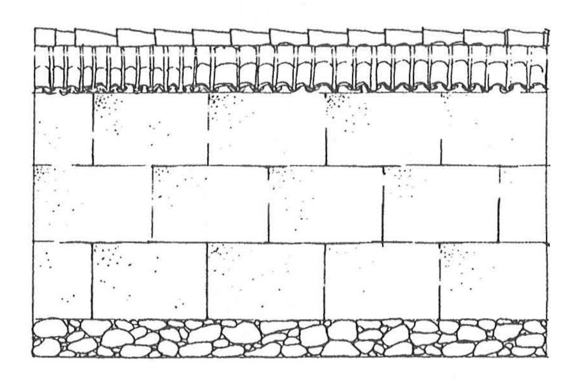
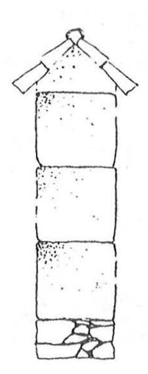
TAPIALES MONOLITICOS

TAPIAS DE TIERRA ORDINARIA	Ej.: Torres de la Alameda (Madrid)
TAPIAS DE TIERRA MEJORADA	
Con gravas o cascotes	Ej.: Cortijo de San Isidro (Madrid)
Con cal (tapia real)	Ej.: Villamanta (Madrid)
TAPIAS REFORZADAS EN SUS CARAS	
Con mampuesto de piedra (tapia valenciana)	Ej.: San Martín de la Vega (Madrid)
Con pelladas de cal (tapia acerada)	Ej.: Loeches (Madrid)
TAPIAS DE JUNTAS REFORZADAS RECTAS (llagas y tendeles)	
Con mortero de yeso	Ej.: Cortijo de San Isidro (Madrid)
Con mortero de cal	Ej.: Chinchón (Madrid)
TAPIAS DE JUNTAS REFORZADAS CURVAS (brencas)	
Juntas alineadas	Ej.: Torrejón de la Calzada (Madrid)
Juntas alternas	Ej.: Perales de Tajuña (Madrid)

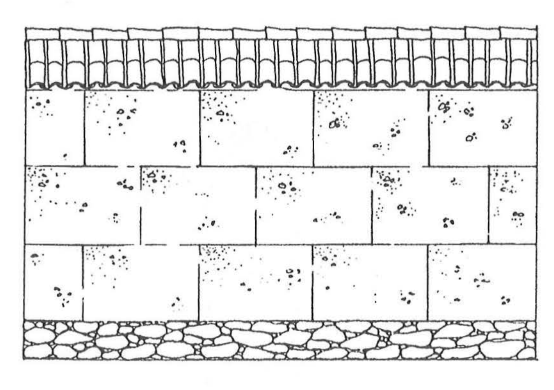
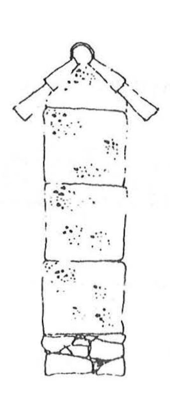
TAPIALES MIXTOS

TAPIAS CON MACHONES DE LADRILLO	Ej.: Moraleja de en medio (Madrid)
TAPIAS CON MACHONES DE ADOBE	Ej.: Villamantilla (Madrid)
TAPIAS CON ENTRAMADO DE MADERA	Ej.: Estremera (Madrid)
TAPIAS CON MACHONES DE YESO	Ej.: Valdelaguna (Madrid)
TAPIAS CON RAFAS	Ej.: Villar del Olmo (Madrid)
TAPIAS CON VERDUGADAS DE LADRILLO Y MAMPOSTERIA	
TAPIAS CON VERDUGADAS DE MORTERO DE CAL (tapia calicastrada)	

1. TAPIALES MONOLÍTICOS

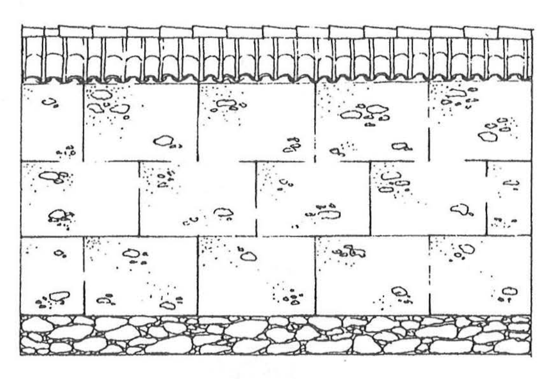
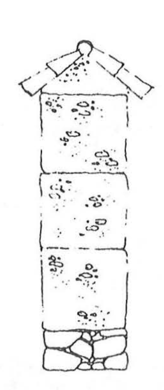



1.1. TAPIA DE TIERRA ORDINARIA

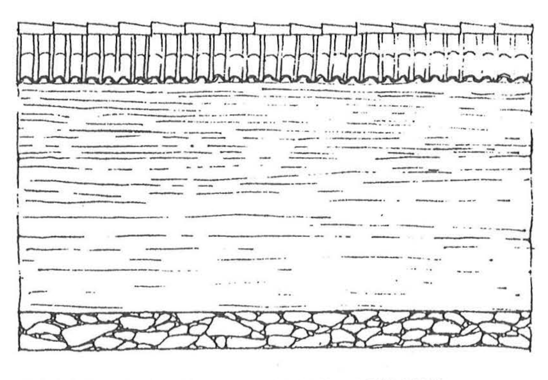
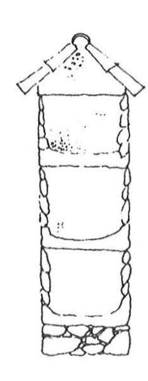



1.2. TAPIA DE TIERRA MEJORADA

1.3. TAPIAS REFORZADAS EN SUS CARAS

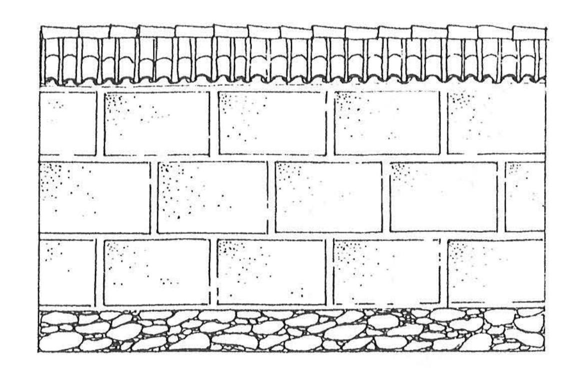



1.3.1.CON MAMPUESTO DE PIEDRA (T. VALENCIANA)

1.3.2.CON PELLADAS DE CAL (TAPIA ACERADA)

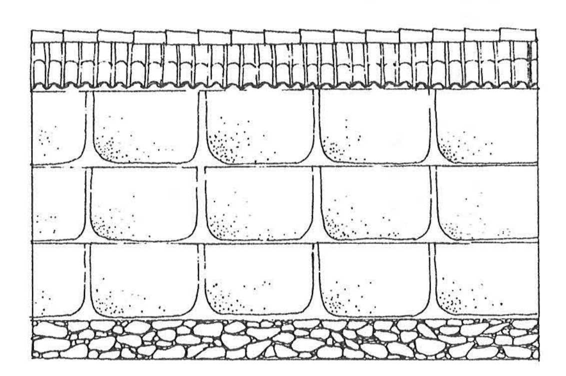
0 0.5 1 2 3 [m]

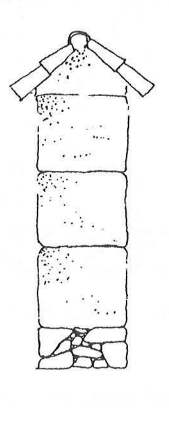




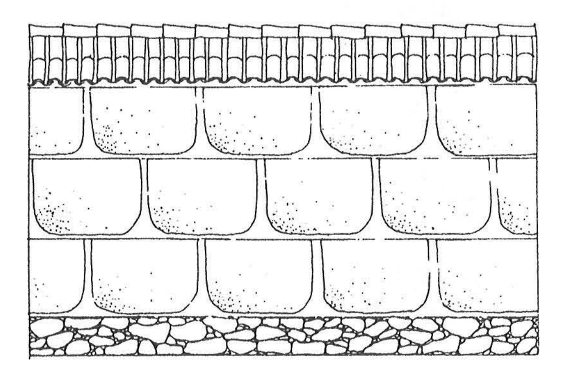
1.4. TAPIA DE JUNTAS REFORZADAS RECTAS

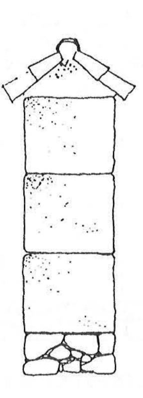
1.5. TAPIAS DE JUNTAS REFORZADAS CURVAS (brencas)





1.5.1.JUNTAS ALINEADAS

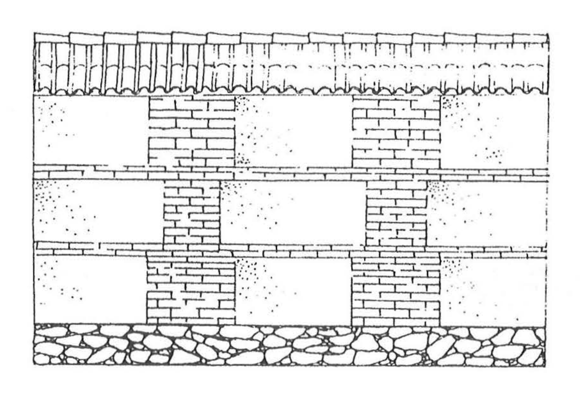
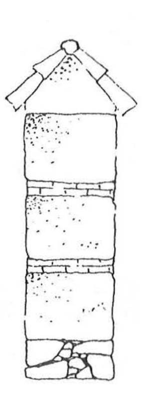




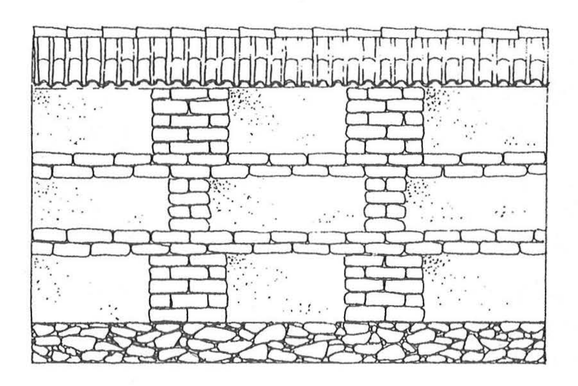
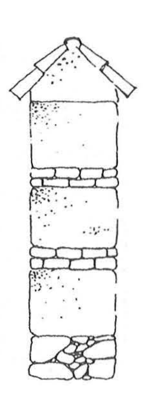
1.5.2.JUNTAS ALTERNAS

0 0.5 1 2 3 [m]

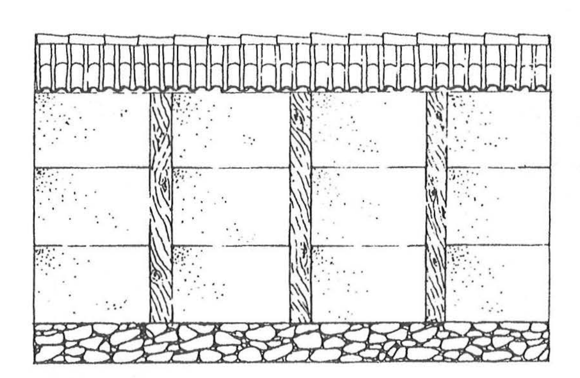
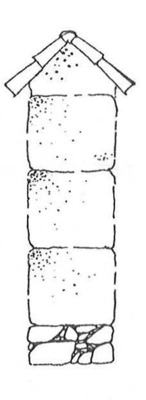
2. TAPIALES MIXTOS

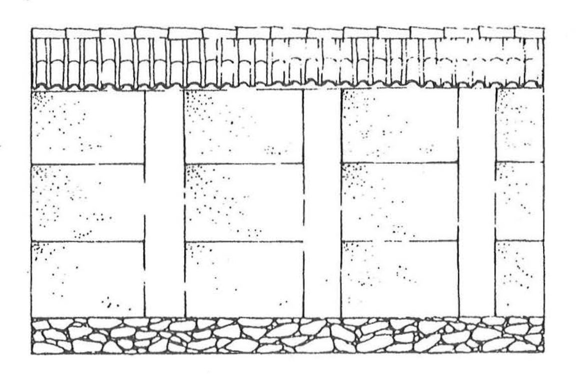
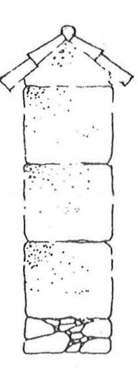
2.1. TAPIA CON MACHONES DE LADRILLO

2.2. TAPIA CON MACHONES DE ADOBE

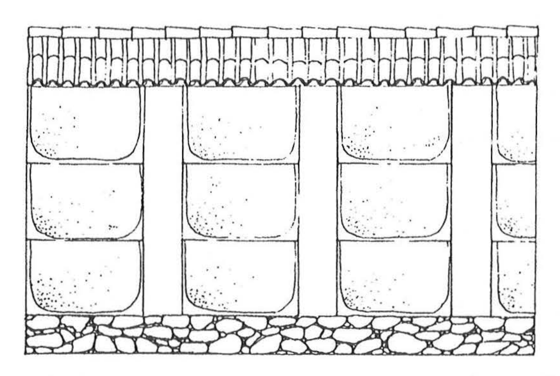
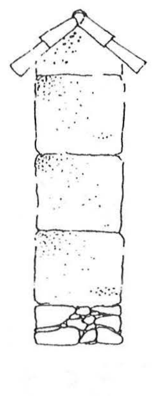



2.3. TAPIA CON ENTRAMADO DE MADERA

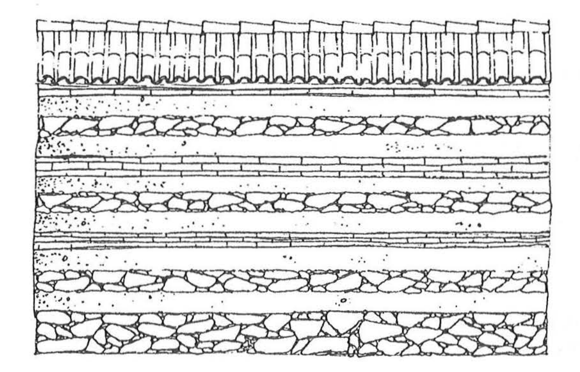
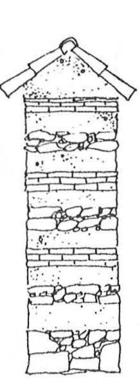



2.4. TAPIA CON MACHONES DE YESO

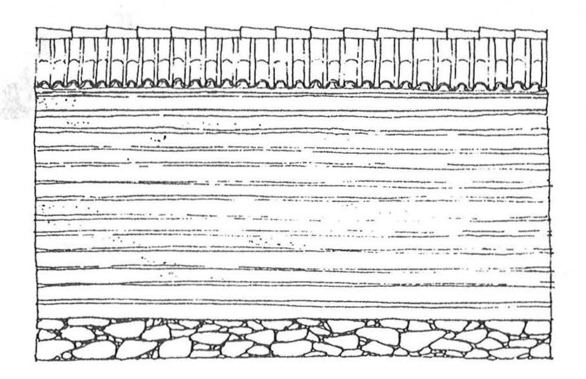


2.5. TAPIA CON RAFAS

2.6. TAPIA CON VERDUGADAS DE LADRILLO Y MAMPOSTERÍA




2.7. TAPIA CON VERDUGADAS DE MORTERO DE CAL

0 0.5 1 2 3 [m]

metro aunque hay veces que abarca toda la planta baja e incluso más, relegando el muro de tierra al sobrado. Sólo en construcciones muy rústicas, como cercados o establos, hemos encontrado muros de tierra sin zócalo. Estos zócalos, son al igual que la cimentación, de mampostería en la mayoría de los casos, aunque hay algunos de ladrillo en tapias con machones de este material. Observamos otros, en los que un zócalo de mampostería se remata con unas verdugadas de ladrillo para regularizar la altura y disponer una base horizontal sobre la que empezar a apisonar.

ENCUENTRO ENTRE DOS MUROS

Las esquinas de un muro de tierra rara vez se dejaban sin refuerzo, ya que debido a su baja resistencia a impactos y erosiones, este es un punto conflictivo de las construcciones con tierra. El caso más frecuente era construir la esquina con mampostería, siguiendo el mismo sistema utilizado en cimentaciones y zócalos. Hay otros materiales utilizados para reforzar las esquinas, normalmente los mismos con los que se construyen los machones en tapias mixtas. Podremos encontrar así esquinas de yeso, ladrillo e incluso de adobe, solución esta última que no parece la más adecuada. Un caso menos frecuente, es la esquina trabada con piezas de mampostería. Observamos esta solución en algunos edificios de Chinchón, donde muchas casas señoriales están construidas con tierra.

ENCUENTRO CON EL FORJADO

Los forjados de las construcciones de tierra son muy sencillos: viguetas o rollizos de madera apoyando sobre los muros. Sobre estas viguetas se colocan tablas o revoltones de yeso y cascotes. El apoyo de estas viguetas sobre el muro de tierra supone un problema, debido a la baja resistencia de la tierra frente a cargas puntuales.

Para evitar una excesiva concentración de cargas, la solución más empleada consiste en colocar un durmiente de madera sobre el muro. En este durmiente apoyaran las viguetas, quedando así la carga uniformemente repartida. El durmiente se coloca en la cara interior del muro, protegiendo la madera de los cambios de humedad. En algunas ocasiones, este durmiente se sustituye por una capa de tierra mezclada con cal, que sirve igualmente para repartir las cargas y además ayuda a nivelar el plano de apoyo de las viguetas. En los muros de tapial con entramado de madera, es frecuente ver las viguetas del forjado "encajadas" entre dos durmientes. Uno de ellos sirve de apoyo a las viguetas y el otro hace lo mismo con los pies derechos que refuerzan el muro.

ENCUENTRO CON LA CUBIERTA

Los encuentros de muros y cubiertas plantean dos problemas: el primero, al igual que en los forjados, es resolver la transmisión del peso de la cubierta al muro sin cargar este excesivamente. En el caso de la cubierta se complica más ya que

las cargas, al ser inclinadas, tienen una componente horizontal siempre más difícil de transmitir al terreno.

Para solucionar esto se colocan durmientes, al igual que en los forjados, aunque observamos también otras soluciones más complejas, con estribos sobre durmientes, tirantes y otras, evitando así transmitir al muro estos esfuerzos horizontales. Otro de los problemas que plantea la cubierta sobre un muro de tierra es la adecuada solución del alero, para evitar en lo posible filtraciones de agua. Hemos encontrado una gran variedad de soluciones de aleros: las propias viguetas de cubierta atraviesan el muro, creando un voladizo; unas piezas especiales de madera (canecillos), se apoyan en el durmiente y vuelan sobre el muro; hiladas de ladrillo que vuelan sucesivamente unas sobre otras, formando a veces curiosos aparejos; tejaroces, siguiendo el mismo esquema que en la solución anterior pero ejecutados con tejas.

FORMACION DE HUECOS

Los huecos abiertos en muros de tapia aparecen siempre reforzados con materiales más resistentes, de manera análoga a las soluciones de esquina. El material utilizado para estos refuerzos es muy variable, y está relacionado con la técnica empleada para construir el muro.

En tapias monolíticas, lo más frecuente es colocar piezas de madera bordeando el hueco, situándose la ventana a haces exteriores del muro, dejando así la esquina al interior. En tapias mixtas, se bordea el hueco con el mismo material que forma los machones. Encontramos así huecos reforzados con adobe, con ladrillo, etc. En muros con brencas, con rafas y, en general, aquellos en los que aparece el yeso, los huecos se enmarcan con este mismo material. Otras soluciones consisten en bordear los huecos con sillería, e incluso dinteles y jambas monolíticas de piedra. En cuanto a los dinteles, son en casi todos los casos piezas de madera, a veces escuadrada y en otros casos simplemente rollizos. Es frecuente enrollar cuerdas sobre las piezas de madera, para mejorar la adherencia del revestimiento. Por este mismo motivo se encuentran también piezas de madera con hendiduras de hacha. Como se ha señalado anteriormente, en algunos edificios de mayor importancia los dinteles eran de sillería o estaban formados incluso por piezas monolíticas de piedra.

LOS REVESTIMIENTOS

Es muy importante en los muros de tierra una buena protección superficial que los proteja de erosiones y humedades de filtración. Tradicionalmente, el material de estos revestimientos era el mortero de barro, utilizando una tierra arcillosa para mejorar la impermeabilidad. Esta tierra se mezclaba con paja con el fin de mejorar la cohesión y evitar fisuras. Otro revestimiento muy frecuente era el mortero de cal y también el encalado sobre los morteros de barro descritos anteriormente.

FABRICAS DE ADOBE

Junto con la técnica del tapial la construcción en adobe constituye uno de los sistemas de construcción con tierra más arraigados en la Península Ibérica. El adobe es una pieza prismática de dimensiones variables (alrededor de 10 x 20 x 35 cm) resultado del empleo de una masa de tierra, agua y paja, moldeada en una *gradilla* o *adobera* secada y oreada al Sol. Se emplea de forma común en la ejecución de muros de fábrica y tabiques, y como plemento de los cuarteles de los muros entramados de madera.

PROCESO DE FABRICACION

El proceso de fabricación requiere la localización de una cantera de tierra de las cualidades adecuadas, desechando aquellos terrenos de composición demasiado arenosa. En el lugar elegido se comienza por eliminar el primer umbral de tierra vegetal. En esta misma cantera se excava y se amasa la mezcla o bien se construye una artesa en las proximidades para el amasado. En ambos casos, la operación a realizar consiste en agregar agua en cantidad suficiente para convertir la tierra en barro. Posteriormente se amasa hasta que la tierra haya absorbido todo el agua. Para este amasado se emplea una azada o la ayuda de animales de tiro que con sus manos y patas sustituyen el esfuerzo humano. Una vez se ha conseguido una masa homogénea se procede a añadir fibras vegetales (paja, heno, caña, etc.), cuya función consiste en evitar posibles fisuras. Se vuelve a amasar la mezcla resultante, añadiendo el agua que precise, hasta alcanzar una total uniformidad. Entonces se dejará reposar, hasta que pueda procederse a su moldeado. En ocasiones, el moldeado se realiza de manera inmediata, pero en otras el proceso se lleva a término a lo largo de varios días, para lo cual deberá añadirse diariamente agua a la mezcla de forma que se garantice su correcta plasticidad. Algunos autores indican que el punto óptimo de la tierra antes de ser moldeada se alcanza cuando ésta muestra sus componentes perfectamente unidos (adobados) y desprende un ligero olor a putrefacción (Olcese Segarra 1993). Para el moldeado se emplean distintos tipos de adoberas o gradillas.

Al igual que en las tapias, la construcción de las fábricas de adobe se inicia con la ejecución de su cimentación, que deberá aislar la futura fábrica de la humedad del terreno y protegerla de las aguas de escorrentía, tanto de circulación como de salpiqueo. En este caso se procede a la construcción de una cimentación, que emerge algunos centímetros del umbral del terreno, ejecutada en mampostería de piedra. Para la ejecución de la misma son necesarias unas labores previas de limpieza y desbroce del terreno, replanteo de los muros proyectados, excavación hasta terreno firme y aplicación de una capa de nivelación. Una vez hemos terminado la construcción de este puntido que hace las veces de zócalo, se procederá a la construcción de la fábrica. El material empleado fundamentalmente es la tierra, que se utiliza en forma de adobes y de mortero de barro. Se observan diferentes aparejos en la colocación de los adobes, siendo el espesor del muro siempre igual o superior

a un pie, de forma que sea suficiente como para permitir a la fábrica realizar su función resistente.

En cuanto al mortero, su composición se basa en la propia tierra, con o sin aditivos, ligantes como la cal o agentes impermeabilizantes en forma de extractos vegetales: fibras de plantas y animales o directamente estiércol. El mortero realiza principalmente tres funciones: recibir adobes y sellar las juntas que quedan entre ellos; hacer las veces de enfoscado para revestir el muro, lo que permite por un lado proteger los adobes de las inclemencias del tiempo (heladas, viento, lluvia, etc.) y por otro disimular las posibles irregularidades del muro, como cualquier enfoscado; y finalmente, el morero se emplea para rellenar la estrecha franja que queda en la coronación del muro al encontrarse con la cubierta.

LA TECNICA TRADICIONAL DE FABRICACION DE ADOBES

1. Esta técnica consiste en la obtención de piezas de tierra cruda con mezcla de paja. La tierra utilizada debe contener alrededor de un 20% de arcilla y arena. Una vez elegida la calidad de la tierra su extracción se realiza directamente del suelo a golpe de azada haciéndose una excavación de 1 a 2 m. de profundidad. La preparación de la tierra para la fabricación de los adobes se realiza en un lugar lo más cercano posible a una corriente de agua y a la mina de tierra elegida con el fin de evitar los desplazamientos de las materias primas hasta el lugar de su elaboración.

2. Antes de comenzar la manufactura de los adobes hay que limpiar de piedras con un rastrillo la gran explanada donde se tenderán posteriormente las piezas moldeadas. En esta explanada, bien soleada y oreada, se ha depositado la tierra recogida en los alrededores.

3. La amasadera o barrera es un canal de unos 2 m de longitud abierta a golpe de azada en el suelo con una profundidad de 20 cm. Su anchura es de 0,50 m de tal forma que permita el amasado a ambos lados por una sola persona. Para reforzar las esquinas de la zanja y evitar que se rompan al pisar, se coloca un tronco delgado en uno de los lados o en ambos que sirva como guía para la colocación de los pies.

4. La tierra extraída se extiende sobre la amasadera.

5. Se echa agua en abundancia y se deja recalar o empapar hasta el día siguiente.

6. Se remueve la tierra recalada con la azada. En algunas zonas este amasado se realiza mediante un continuo pisado de la masa con los pies.

7. Se añade paja picada. La paja más adecuada para la fabricación de adobes es la resultante de la *trilla* del centeno con trillos de disco. Su función es hacer de estabilizador en la masa aumentando la resistencia del adobe e impidiendo que se resquebraje.

8. La mezcla de tierra, agua y paja, una vez trabajada y removida con la aza-

da, se transporta en calderos desde la amasadera hasta la explanada de secado.

9. La adobera se coloca en el suelo. La base de contacto con el suelo se cubre con paja para impedir la adhesión de la masa pastosa. Con la estopa se humedece el molde por su interior y se rocía después con paja fina, evitando que el barro se pegue a las paredes del molde y que éste absorba el agua del barro. Sobre la adobera humedecida se vierte la mezcla y se reparte y compacta con las manos lo mejor posible especialmente en las esquinas. Igualada y alisada la superficie el sobrante se retira con las manos o ayudado con la paleta.

10. Con un molde de madera, denominado *marco* o *gradilla*, dividido en uno o varios compartimentos se va dando forma progresivamente a cada una de las piezas de barro. Las medidas de los adobes varían según las zonas aunque en general su longitud ha sido de 33 cm, para completar 1 m con tres piezas. Su anchura se aproxima a los 20 cm y su grueso a los 10 cm.

11. La adobera se levanta en vertical. Quedando los adobes en el suelo. En cada amasada se obtienen entre 16 y 18 piezas.

12. El proceso de secado se realiza a la intemperie. Tras uno o dos días de secado por su superficie plana, los adobes se alinean verticalmente para que se oreen todas sus caras. En otras ocasiones se apoyan las piezas entre sí de dos en dos para que su superficie en contacto con el aire sea la mayor posible garantizando un secado homogéneo de todos los adobes. Se recomienda su fabricación en primavera o en otoño, con el fin de evitar un secado rápido y el consiguiente agrietamiento de las piezas.

A los dos años de su fabricación los adobes han conseguido la máxima resistencia y durabilidad, de forma que no se producen asientos en la obra.

LOS TIPOS DE FABRICAS

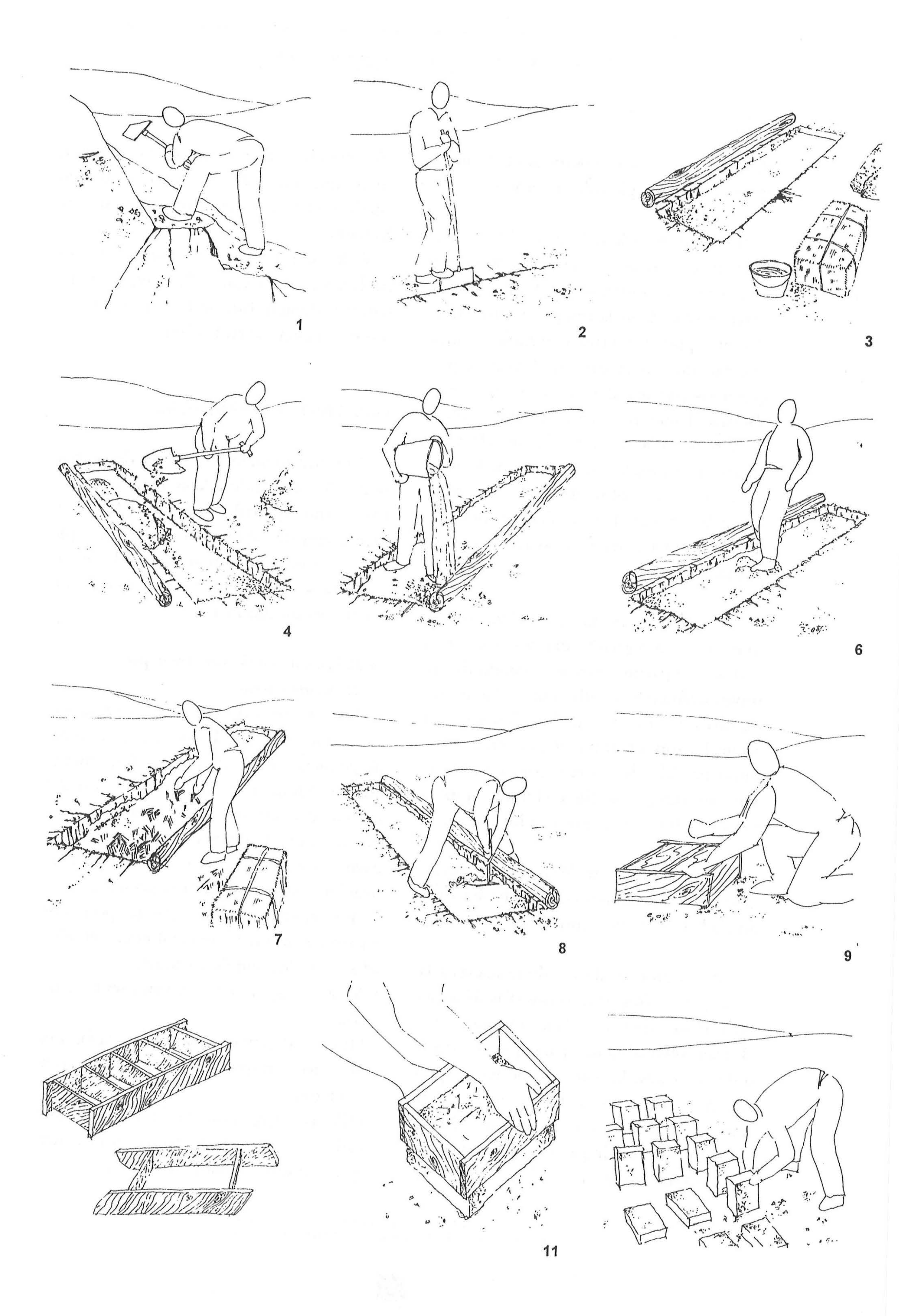
Con independencia del tipo de aparejo que se le este dando a la fábrica en si misma, hemos querido distinguir dos tipos principales de fábricas de adobe: las que presentan un pequeño arranque de mampostería y aquellas que disponen de un zócalo del mismo material.

• ***Fábrica de adobe con arranque de mampostería***

En este tipo de fábricas, la cimentación, que como ya dijimos hace las veces de pequeño zócalo de protección, emerge escasos centímetros (entre 10-15 cm) del umbral del terreno. Suele emplearse como arranque de muro para la elevación de pajares, casetas de huerto o pequeñas edificaciones anexas al edificio principal.

En cuanto al tipo de aparejo, podemos encontrar varios tradicionalmente empleados entre los que destacamos:

- Adobes dispuestos exclusivamente a tizón.
- Hileras alternadas formadas cada una por adobes dispuestos únicamente a soga o a tizón.
- Hileras a soga con verdugadas a tizón cada 5 ó 6 de las anteriores para evitar que el muro se abra y desplome.


1
2
3
4
6
7
8
9
11

• ***Fábrica de adobe con zócalo de mampostería***

La diferencia con las anteriores reside en que el zócalo de protección emerge del terreno entre 80-90 cm, una distancia sustancialmente mayor que provoca un cambio importante en cuanto a la percepción visual del muro, por lo que se ha decidido considerar ésta como una variante más dentro de las fábricas. La existencia de este basamento es corriente en casi todos los edificios que superan los 2 m, tratándose en general de edificaciones principales destinadas a vivienda.

En cuanto al aparejo, nos remitiremos a lo expuesto en el apartado anterior para las fábricas con arranque de mampostería ya que nos encontramos con los mismos tipos que se emplean tradicionalmente.

MUROS ARMADOS Y ENTRAMADOS

En diferentes regiones de la Península Ibérica, aunque con especial incidencia en el área de la Cordillera Central, nos vamos a encontrar con un tipo de edificación que suele denominarse Entramada y que se caracteriza por el sistema de construcción empleado: muros de mampostería de piedra en planta baja sobre los que se levantan, en las superiores, muros de estructura portante de madera que configuran, a través de sus principales elementos (pies derechos, vigas, codales y tornapuntas), un número indeterminado de cuarteles que posteriormente han de ser rellenados con una plementería de material variable. Esta plementería cumple una función de cerramiento y de arriostramiento de la estructura isostática que forma la imprenta de madera del entramado. Este tipo de edificación entramada, común a la totalidad de la Cordillera Central, muestra variaciones cuantitativas de Este a Oeste, apreciándose en las comarcas orientales construcciones por lo general de dos plantas, que pueden alcanzar tres o cuatro en las comarcas occidentales. La Sierra de Ayllón (Guadalajara), el Valle del Tiétar (Avila), La Alberca (Salamanca) o Las Hurdes (Cáceres) nos muestran excelentes ejemplos de sistemas constructivos de entramado aunque los encontraremos por igual en muchas otras comarcas y pueblos de España.

En los edificios entramados los muros portantes se pueden construir en planta baja con mampostería de piedra asentada con mortero de barro, mortero que puede ser mejorado en algunos casos con cal. De no construirse el muro en la totalidad de la planta baja con mampostería de piedra es casi segura la presencia de un zócalo de este material. Este tipo de soluciones aprovechan el material obtenido de la excavación y preparación del terreno y evitan el contacto directo de los elementos de madera que conformarán la parte superior del muro con el suelo protegiéndoles así de los ataques de insectos xilófagos y hongos de pudrición. Los muros de las plantas superiores se ejecutan mediante una estructura mixta de entramado de madera y una plementería variable (adobe, ladrillo, mampostería de piedra). Cuando son de tierra, estas plementerías pueden estar conformadas por adobes (dispuestos en distintos tipos de aparejos), yesones, etc.

En su cara exterior los muros entrama-

dos suelen protegerse mediante la aplicación de un revoco de mortero de barro o de cal. Estas estructuras de madera entramada eran revocadas para prevenir los efectos de los agentes climáticos y de la fotodegradación. Mientras en los climas húmedos los entramados de madera se dejan sin revestir para facilitar su ventilación e impedir así la proliferación de microorganismos nocivos, en los climas mediterráneos (aunque sean continentalizados como los de la Meseta española) las principales causas de degradación de la madera proceden del ataque directo de los agentes atmosféricos (lluvia, hielo, viento) y de la radiación ultravioleta de la luz solar. Por esta razón, es muy frecuente observar casas de entramado de madera sin revestimiento en las zonas centrales, septentrionales y occidentales de Europa, mientras que las solemos encontrar perfectamente revocadas y protegidas en la Europa mediterránea (Maldonado y Vela 1996).

MUROS ARMADOS

Denominamos muro armado a aquel que utiliza la madera como elemento estructural reforzando el muro mediante soportes ligeramente tallados embebidos en el mismo. Se emplean para su construcción secciones de madera de aproximadamente 15 cm de lado, con luces entre soportes de 1 a 3 m, de forma que dejan entre sí paños de fábrica relativamente grandes. Los adobes que rellenan los paños formados por el armado de madera se colocan según distintos aparejos:

- A Tizón, generalmente en planta baja de forma que el muro tiene el espesor suficiente como para recibir el apoyo del forjado.
- A soga, en la planta superior, cuando el muro no requiere tanto espesor para su estabilidad, ni es necesario por aislamiento térmico, ya que se trata de un compartimento de almacenaje o granero (sobrado).

MUROS ENTRAMADOS

En los muros entramados, a diferencia de los armados, la madera constituye el único elemento estructural. Los sistemas de entramado aligeran el peso de la construcción y facilitan la apertura de huecos una vez terminado el edificio. Son de tipología formal muy variada, pudiendo observarse desde los entramados más sencillos, formados por simples maderos verticales, hasta los más complejos, de forma estrellada, tal y como podemos apreciar en los ejemplos seleccionados. En los muros entramados cuya plementería es de tierra moldeada, los adobes se suelen disponer casi siempre a soga, bien en posición horizontal o bien en forma de *espina de pez*, puesto que han perdido toda función estructural y se limitan a servir de relleno para la conformación del cerramiento. La disposición en espina de pez permite absorber las irregularidades de los *cuarteles* de la *imprenta* (huecos del entramado) sin necesidad de cortar las piezas, pues al poder alterarse el ángulo de inclinación de las mismas a voluntad y rellenarse los huecos resultantes con mortero, se consigue cuajar el cuartel de plementería.

Por su complejidad, los muros entramados se suelen estudiar como una parte más de la llamada *carpintería de armar*. Los he-

mos querido recoger en este trabajo porque de manera frecuente las plementerías se ejecutan con adobes. El sistema estructural de estos muros está basado en el trabajo de la *imprenta* de madera, sin embargo cuando se inician en ellos procesos patológicos y surgen daños como consecuencia de la pudrición de la madera o de los ataques de insectos xilófagos, este comportamiento se altera, comenzando a trabajar la plementería de forma conjunta con la estructura de madera. Como el proceso de degradación de la madera se produce de forma muy lenta, la puesta en carga es progresiva, apareciendo las lesiones mecánicas en estas fábricas a muy largo plazo, lo que permite mantener durante algún tiempo la función estructural del muro sin que se requieran intervenciones urgentes para su rehabilitación. De no tomarse medidas de mantenimiento o reparación, como ocurre en muchas áreas rurales que han ido siendo abandonadas desde mediados de los años cincuenta, este proceso patológico continua hasta la degradación total de los muros entramados lo que unido a los restantes daños en los sistemas del edificio (especialmente en lo que se refiere a cubiertas y forjados) conlleva la destrucción irreparable de la edificación.

Entre los muros entramados nos ha parecido oportuno considerar dos subtipos: los muros entramados simples y los muros entramados complejos, distinguiendo a su vez, dentro de estos últimos, los que podemos denominar estrellados.

MUROS ENTRAMADOS SIMPLES

Es el entramado formado por maderos verticales escasamente tallados excepto en el apoyo. La sección de madera empleada es menor que en el caso de los muros armados, entre 7-10 cm de diámetro y se disponen mucho más juntos, a una distancia aproximada de 0,5 m, formando paños verticales y estrechos. Los adobes se colocan a soga y en espina de pez según diferentes inclinaciones:

- Adobes en espina de pez a 30°-45° en una única dirección, formando muros entramados de 1/2 pie de espesor.
- Adobes en espina de pez a 60° en dos direcciones, formando muros entramados de 1/2 pie de espesor.

MUROS ENTRAMADOS COMPLEJOS

Son los entramados formados por piezas de madera dispuestas en vertical (*pies derechos*), en horizontal (*vigas, zapatas, codales, puentes y contrapuentes*) y en diagonal (*tornapuntas*). Las secciones de madera empleadas son, como en los entramados simples, de entre 7 y 10 cm de diámetro, formando paños triangulares o rectangulares que se rellenan con una plementería de adobes normalmente colocados a espina de pez en una o en dos direcciones.

MUROS ENTRAMADOS ESTRELLADOS

Son los entramados complejos en los que las tornapuntas se colocan cruzadas, formando paños de entramado de forma estrellada. En realidad, podemos considerarlos una variación, más compleja, de los anteriores.

TIPOS DE MUROS DE ADOBE

FABRICAS DE ADOBE

FABRICA DE ADOBE CON ARRANQUE DE MAMPOSTERIA

Tizón (1 pie)	Ej.: Aldealázaro (Segovia)
Una hilera a soga y otra a tizón (1 pie)	Ej.: Vildé (Soria)
Unas hileras a soga con verdugadas a tizón (1 pie)	Ej.: Boceguillas (Segovia)

FABRICA DE ADOBE CON ZOCALO DE MAMPOSTERIA

Tizón (1 pie)	Ej.: Navapalos (Soria)
Una hilera a soga y otra a tizón (1 pie)	Ej.: Fresno de Cantespino (Segovia)
Unas hileras a soga con verdugadas a tizón (1 pie)	Ej.: Almazán (Soria)

MUROS ARMADOS

APAREJO A TIZON (1 pie)	Ej.: Castiltierra (Segovia)
APAREJO A SOGA (1 pie)	Ej.: Silos (Burgos)

MUROS ENTRAMADOS

SIMPLE (Entramado vertical)

Adobes en espina de pez a 30° / 45°	
a soga en una dirección (1/2 pie)	Ej.: Navares de las Cuevas (Segovia)
Adobes en espina de pez a 60°	
a soga en dos direcciones (1/2 pie)	Ej.: Fresno de Cantespino (Segovia)

COMPLEJO

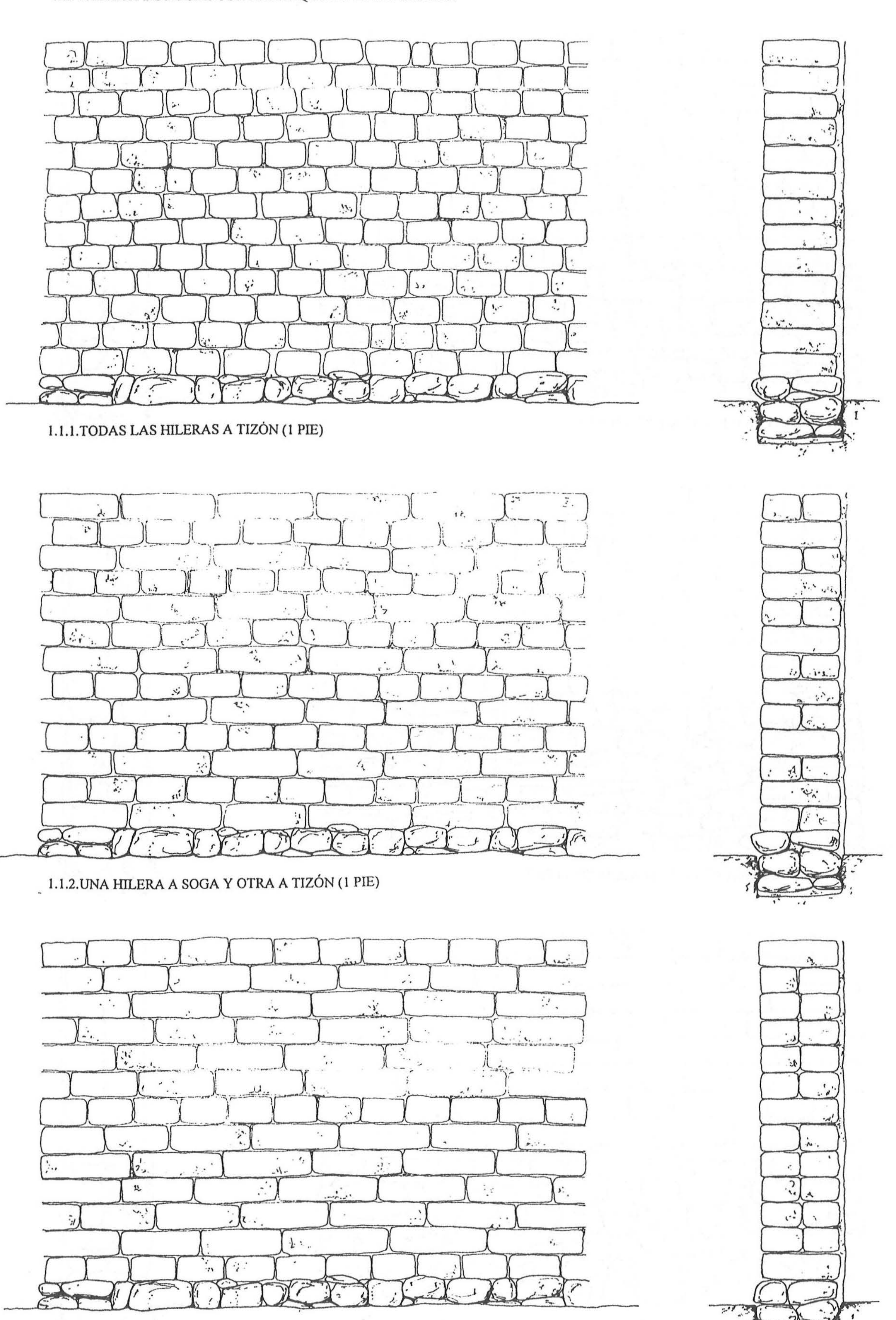
Con puntales y tornapuntas (1/2 pie)	Ej.: Ayllón (Segovia)

ESTRELLADO

Con diagonales en dos direcciones (1/2 pie)	Ej.: Berlanga del Duero (Soria)

1. FÁBRICAS DE ADOBE

1.1. FÁBRICA DE ADOBE CON ARRANQUE DE MAMPOSTERÍA

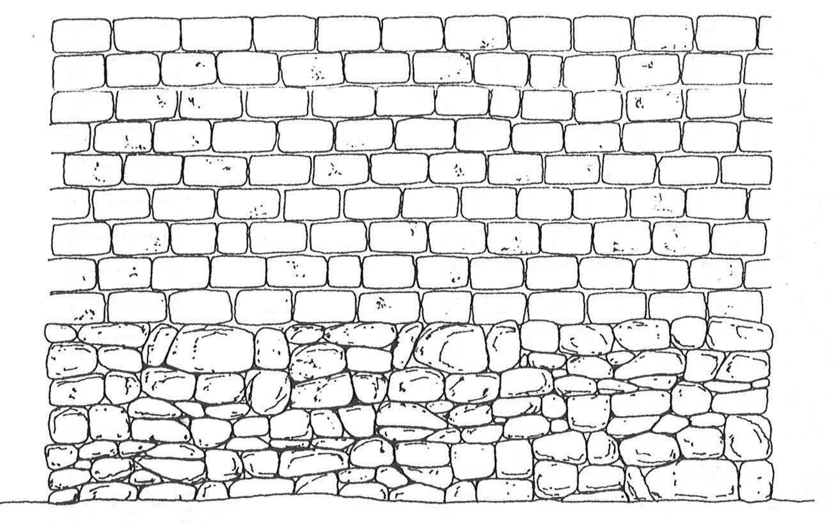


1.1.1.TODAS LAS HILERAS A TIZÓN (1 PIE)

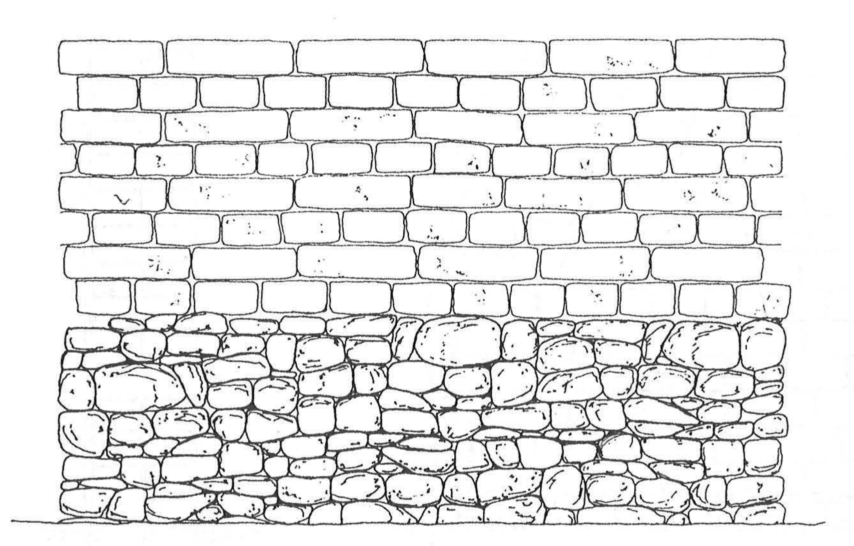
1.1.2.UNA HILERA A SOGA Y OTRA A TIZÓN (1 PIE)

1.1.3.UNAS HILERAS A SOGA CON VERDUGADAS A TIZÓN (1 PIE)

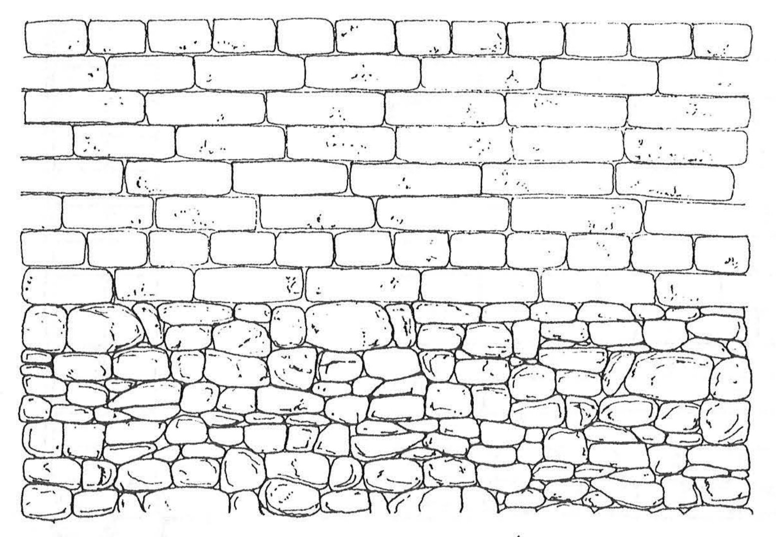
1.2. FÁBRICA DE ADOBE CON ZÓCALO DE MAMPOSTERÍA



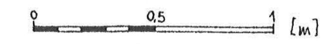
1.2.1.TODAS LAS HILERAS A TIZÓN (1 PIE)



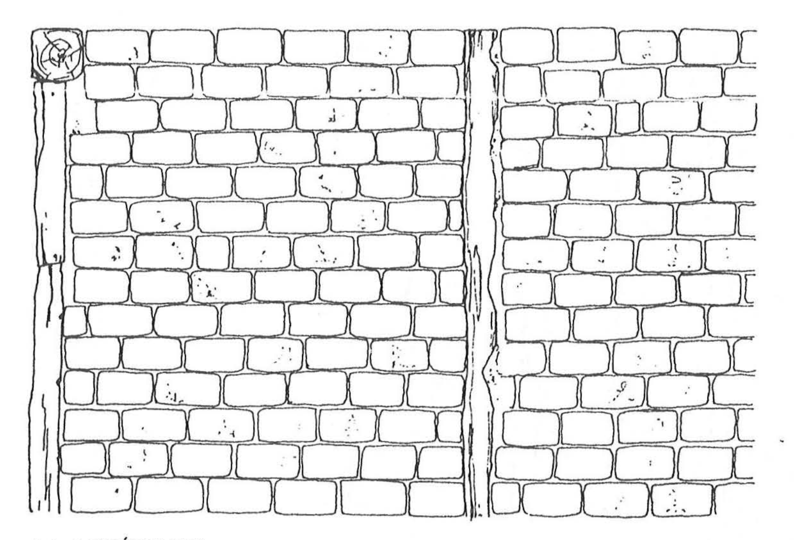
1.2.2.UNA HILERA A SOGA Y OTRA A TIZÓN (1 PIE)

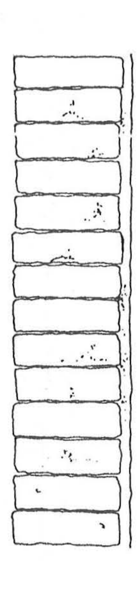


1.2.3.UNAS HILERAS A SOGA CON VERDUGADAS A TIZÓN (1 PIE)

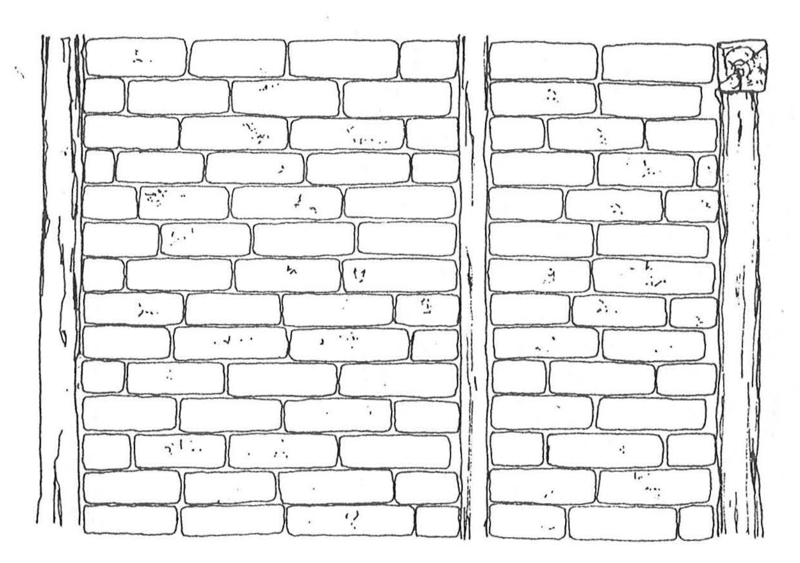


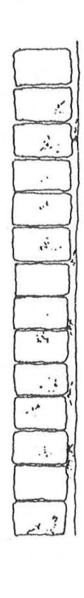
2. MUROS ARMADOS



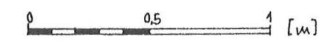


2.1. A TIZÓN (1 PIE)



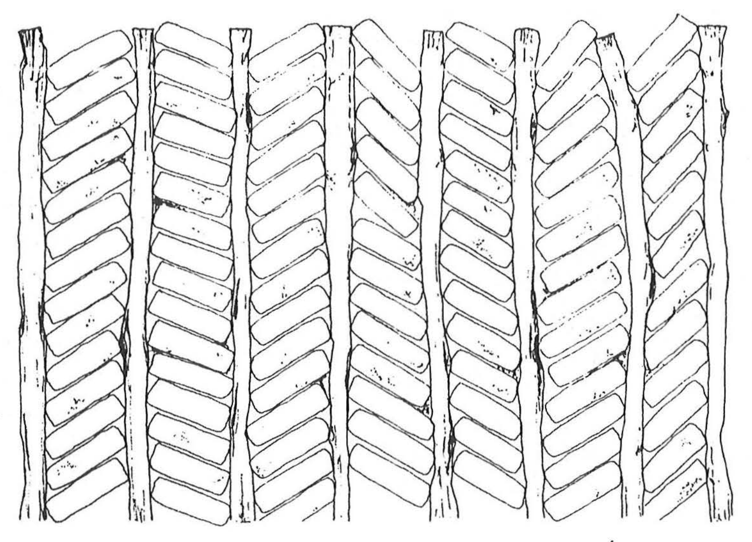


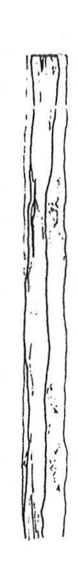
2.2. A SOGA (1 PIE)



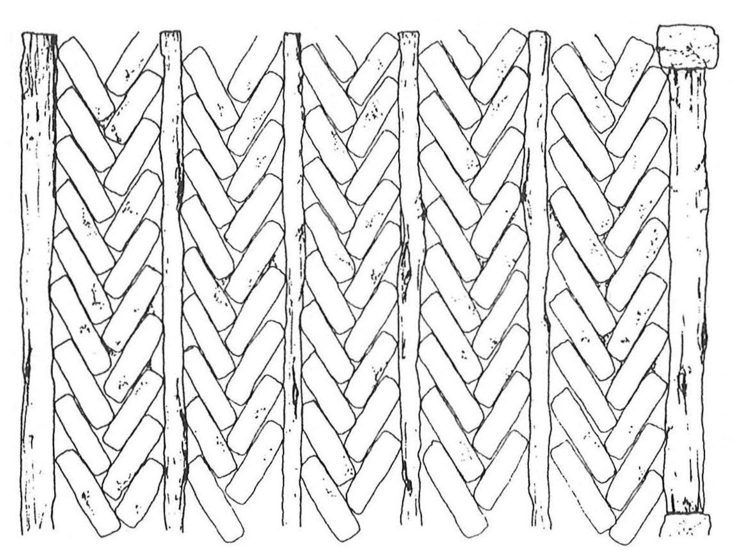
3. MUROS ENTRAMADOS

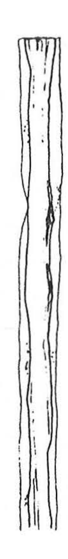
3.1. SIMPLE, CON ENTRAMADO VERTICAL



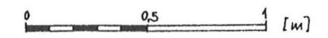


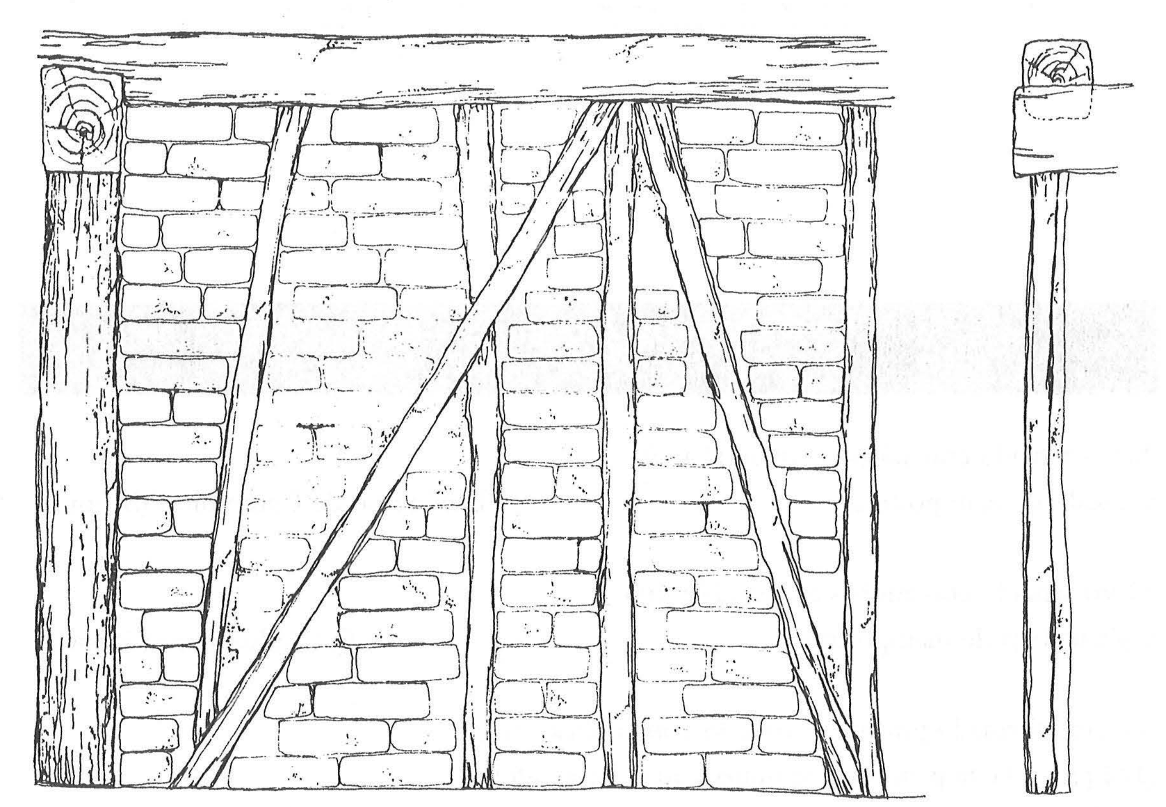
3.1.1.ADOBES EN ESPINA DE PEZ A 30°-45° A SOGA EN UNA DIRECCIÓN (1/2 PIE)



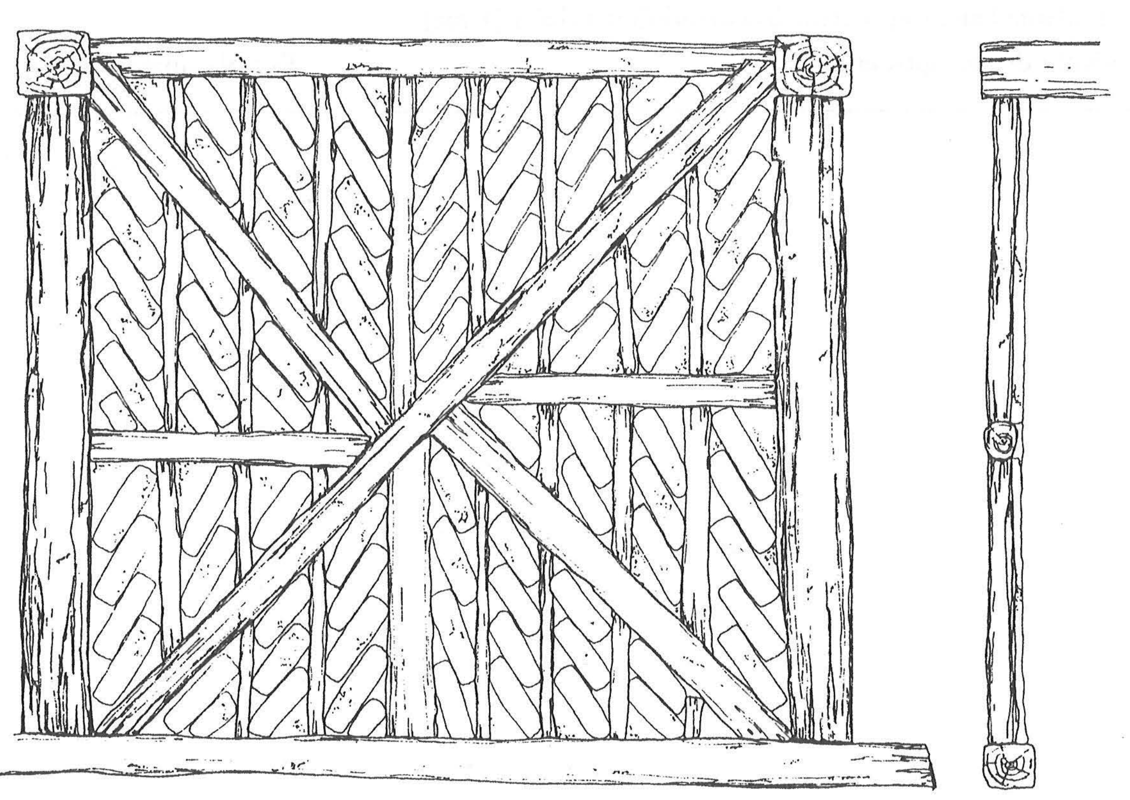


3.1.2.ADOBES EN ESPINA DE PEZ A 60° A SOGA EN DOS DIRECCIONES (1/2 PIE)





3.2. COMPLEJO, CON PUNTALES Y TORNAPUNTAS (1/2 PIE)



3.3. ESTRELLADO, CON DIAGONALES EN DOS DIRECCIONES (1/2 PIE)

0 0.5 1 [m]

EJEMPLOS DE MUROS ARMADOS Y ENTRAMADOS EN CASTILLA LA VIEJA

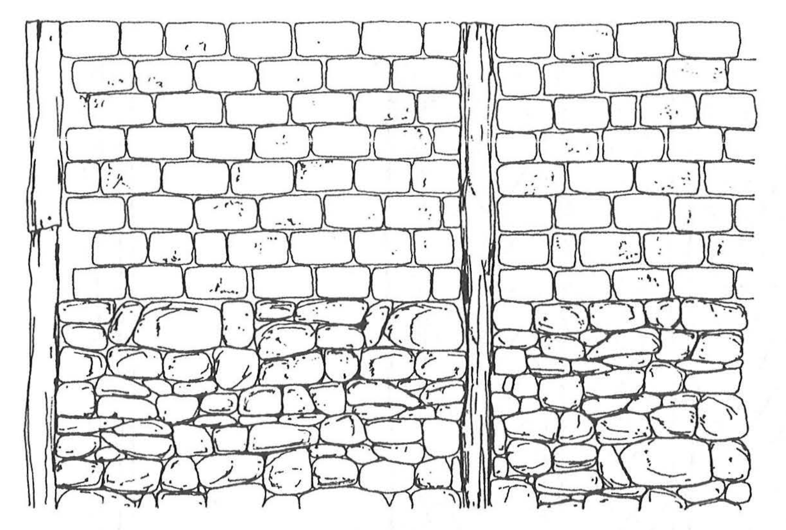
Muro armado con adobes a tizón (1 pie)
y zócalo de mampostería — Ej.: Fresno de Cantespino (Segovia)

Muro armado con adobes a soga (1/2 pie)
y planta baja de mampostería — Ej.: Aldealázaro (Segovia)

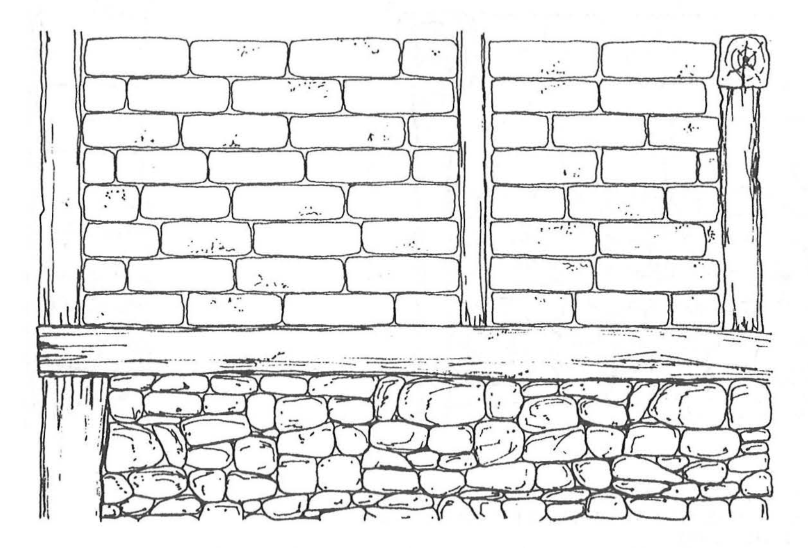
Sobrado formado por muro armado con adobes a soga
(1/2 pie), planta primera por muro armado con adobes
a tizón (1 pie) y planta baja de mampostería — Ej.: Fresno de Cantespino (Segovia)

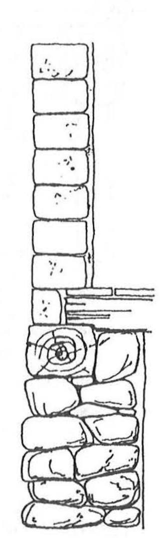
Muro entramado con adobes a soga en espina de pez (1/2 pie)
y en planta baja, muro armado con adobes a tizón (1 pie)
y zócalo de mampostería — Ej.: Navapalos (Soria)

EJEMPLOS



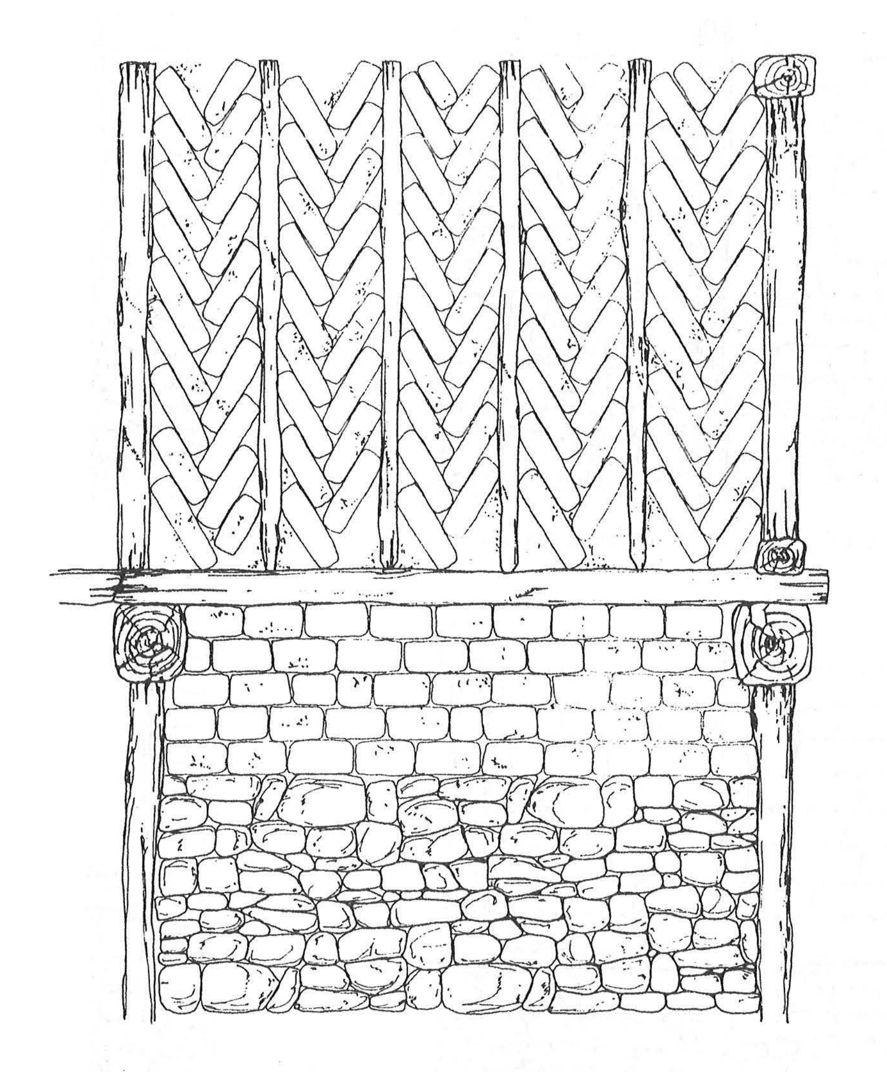
MURO ARMADO CON ADOBES A TIZÓN (1 PIE) Y ZÓCALO DE MAMPOSTERÍA
Fresno de Cantespino (Segovia)

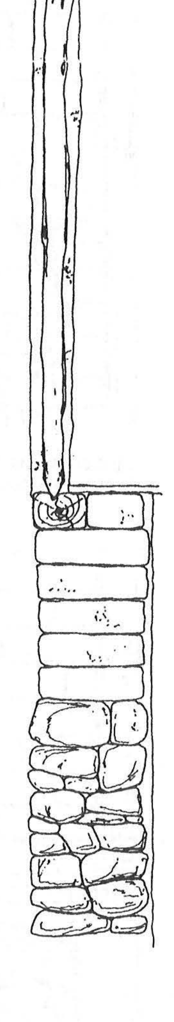




MURO ARMADO CON ADOBES A SOGA (1/2 PIE) Y PLANTA BAJA DE MAMPOSTERÍA . Aldealázaro (Segovia)

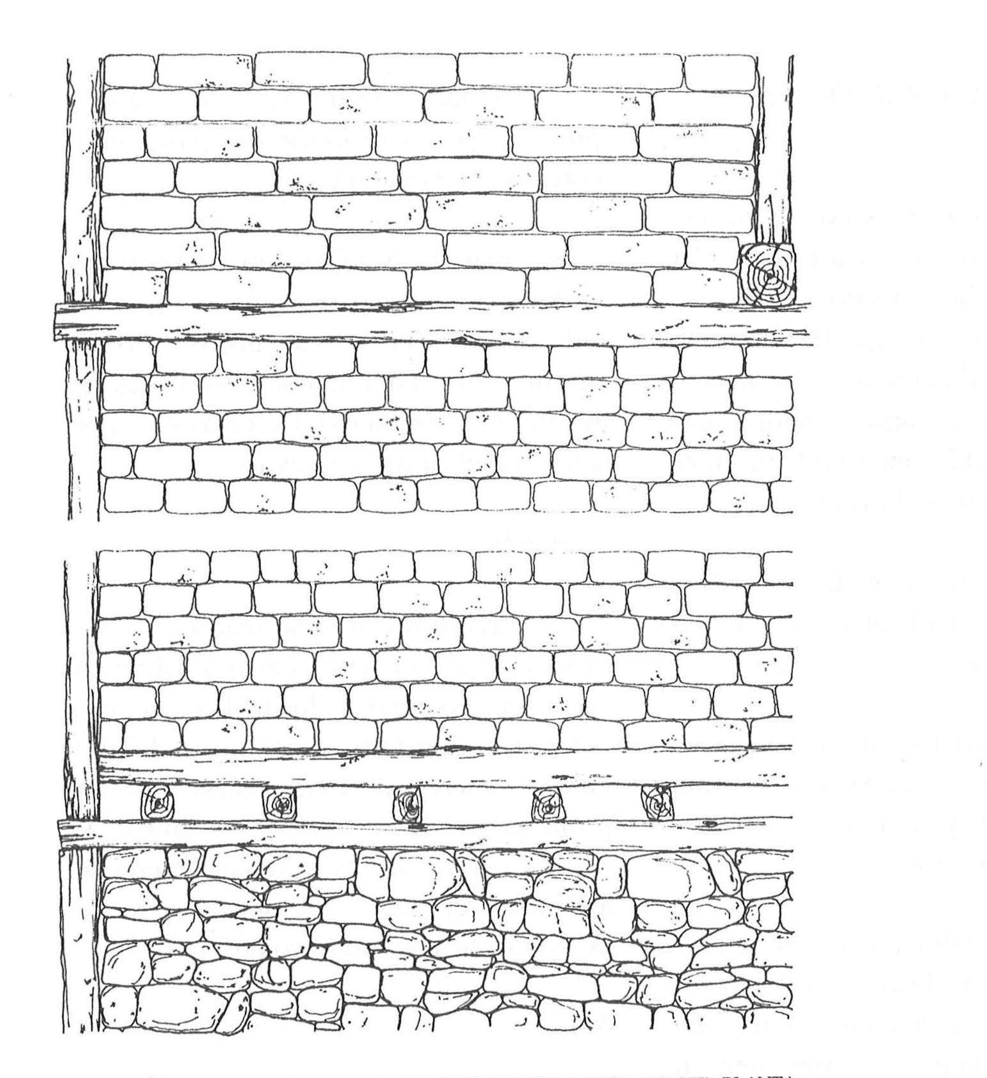
0 0,5 1 [m]





MURO ENTRAMADO CON ADOBES A SOGA EN ESPINA DE PEZ (1/2 PIE) Y EN PLANTA BAJA, MURÓ ARMADO CON ADOBES A TIZÓN (1 PIE) Y ZÓCALO DE MAMPOSTERÍA. Fresno de Cantespino (Segovia)

0 0,5 1 [m]



SOBRAO FORMADO POR MURO ARMADO CON ADOBES A SOGA (1/2 PIE), PLANTA PRIMERA POR MURO ARMADO CON ADOBES A TIZÓN (1 PIE) Y PLANTA BAJA DE MAMPOSTERÍA. Navapalos (Soria)

0 0,5 1 [m]

MORTEROS Y REVOCOS

Los muros construidos con tierra correctamente elaborados, ya sean de tapial, de fábrica de adobe, armados o entramados de madera con plementería de adobe, pueden perdurar durante años sin necesidad de revestimiento alguno siempre que se encuentren debidamente protegidos, en especial de los agentes climáticos.

Para garantizar la estabilidad de toda la obra es necesario fijar la atención en cuatro puntos esenciales:

- Zona de contacto con el suelo. Para evitar humedades la fábrica se levanta sobre un zócalo de piedra que es la continuidad del propio cimiento.

- Bordes de la fábrica o esquinales. Se disponen elementos de contención, realizados con piedra o ladrillo cocido, de manera que contengan y compensen las tensiones horizontales de la fábrica.

- En la cubierta se colocan elementos de reparto de cargas y aleros con gran vuelo realizados con hileras de ladrillo, madera o incluso adobes.

- Finalmente, se puede llevar a cabo la protección del exterior del paramento con algún revestimiento.

Además de la aplicación de morteros de bano sobre los paramentos, ya comentados, existen otros dos tipos de revestimiento muy adecuados a las obras de arquitectura tradicional construidas con tierra: el calicastro y el revoco.

Calicastro

Es el revestimiento más usado en edificios de carácter histórico. Consiste en extender a lo largo de los tableros del encofrado un mortero de cal que se fabrica con una mezcla de arena gruesa y cal en proporción 3:1. Suele tener un grosor de 3 a 4 cm y se ejecuta simultáneamente al apisonado del tapial. El aspecto exterior es semejante al de un hormigón.

Revocos

La forma más económica y la más extendida de revestir el tapial u otras fábricas de tierra es la lechada de cal. Para evitar problemas por incompatibilidad de agarre con las paredes lisas se suele rayar la superficie exterior del muro.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDE CRESPO, Gonzalo (1989): *Palencia: barro, madera, piedra.* Palencia, Merino. 241 p.

ALONSO PONGA, José Luis (1994): *La arquitectura del barro.* Valladolid, Consejería de Cultura de la Junta de Castilla y León,. 137 p.

BAILS, Benito (1983): *De la arquitectura civil.* Valencia, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia. 2 vol.

BARDOU, Patrick (1979): *Arquitecturas de adobe.* Barcelona, Gustavo Gili. 165 p.

BAULUZ DEL RIO, Gonzalo et al. (1992): *Bases para el diseño y construcción con tapial.* Madrid, MOPT. 80 p.

FEDUCHI, Luis (1986): *Itinerarios de arquitectura popular española.* Barcelona, Blume. 5 vol.

FLORES LOPEZ, Carlos (1978): *Arquitectura popular española.* Madrid, Aguilar. 4 v.

FONT, Fermín / HIDALGO, Pere (1991): *El tapial. Una técnica constructiva milenaria.* Castellón, Colegio de aparejadores de Castellón. 171 p.

GARCIA MERCADAL, Fernando (1981): *La casa popular en España.* Barcelona, Gustavo Gili. 92 p.

MALDONADO, Luis et al. (1997): *Desarrollo de técnicas de intervención adecuadas para la recuperación de los muros de tapial en el patrimonio arquitectónico.* Madrid, Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología/ Plan Nacional de I+D.

MALDONADO RAMOS, Luis/ VELA, COSSIO Fernando (1996): "Arquitectura popular en el valle del Tiétar" *Narria,* nº 75-76 (pp. 1-7) Madrid, Universidad Autónoma de Madrid.

MALDONADO, Luis/ CASTILLA, Fco./ VELA, Fernando (1997): "La técnica del tapial en la Comunidad Autónoma de Madrid" *Informes de la construcción,* nº 452 (pp. 27-37). Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

MOUTINHO, Mario (1979): *A Arquitectura Popular Portuguesa.* Lisboa, Editorial Estampa. 186 p.

OLCESE SEGARRA, Mariano (1993): *Arquitectura de tierra: tapial y adobe.* Valladolid, Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid. 163 p.

LANGE, Santino (1989): *La herencia románica. Los edificios domésticos de piedra en la Europa occidental.* Barcelona, Ediciones Destino. 287 p.

VEIGA DE OLIVEIRA, Ernesto/ GALHANO, Fernando (1994): *Arquitectura Tradicional Portuguesa.* Lisboa, Publicaçoes Dom Quixote. 374 p.

VILLANUEVA, Juan de (1984): *Arte de albañilería.* Madrid, Editora Nacional. 135 p.

VITRUBIO POLION, Marco Lucio (1787): Los diez libros de Arquitectura. Edición facsímil. Madrid, Imprenta Real. 277 p.

INDICE

CUADERNO

51.01

CATÁLOGO Y PEDIDOS EN

http://www.aq.upm.es/of/jherrera

jherrera@aq.upm.es

